



**M** 2014

# **A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E O COMPROMISSO DO BEM-ESTAR E SEGURANÇA EM INSTITUIÇÕES HOSPITALARES**

**PEDRO IVO COSTA DE SOUSA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA

À FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO EM

ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA E DE COMPUTADORES – MAJOR ENERGIA

A Dissertação intitulada

***“A Eficiência Energética e o Compromisso do Bem-Estar e Segurança em  
Instituições Hospitalares”***

foi aprovada em provas realizadas em 23-07-2014

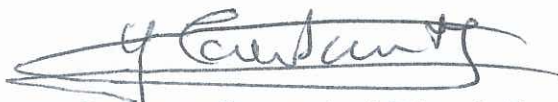
o júri



Presidente **Professor Doutor José Rui da Rocha Pinto Ferreira**  
Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores  
da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



**Professora Doutora Ângela Paula Barbosa da Silva Ferreira**  
Professor Adjunto do Departamento de Eletrotecnia da Escola Superior de  
Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança



**Professor Doutor José Eduardo Roque Neves dos Santos**  
Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores  
da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

O autor declara que a presente dissertação (ou relatório de projeto) é da sua exclusiva autoria e foi escrita sem qualquer apoio externo não explicitamente autorizado. Os resultados, ideias, parágrafos, ou outros extratos tomados de ou inspirados em trabalhos de outros autores, e demais referências bibliográficas usadas, são corretamente citados.



**Autor - Pedro Ivo Costa de Sousa**

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto**



## **A Eficiência Energética e o Compromisso do Bem-Estar e Segurança em Instituições Hospitalares**

**Pedro Ivo Costa de Sousa**

Dissertação realizada no âmbito do  
Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores  
Major Energia

Orientadora: Engenheira Joana Andrade  
Coorientador: Professor Doutor José Neves dos Santos

Junho de 2014

© Pedro Ivo Costa de Sousa, 2014

# Resumo

A dissertação que ora se apresenta aborda a eficiência energética, questão atual e de grande importância e que, neste caso específico, se aplicou apenas à área de iluminação. O estudo foi desenvolvido no âmbito do setor da saúde, em contexto hospitalar e em colaboração com a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP).

O primeiro capítulo apresenta finalidades e desafios, sendo que o principal objetivo a atingir foi, partindo do levantamento das tecnologias luminotécnicas existentes e considerando as normas aplicadas à iluminação no setor da saúde, bem como o conhecimento prévio das luminárias e lâmpadas mais utilizadas na atualidade, definir medidas a tomar, as quais, se aplicadas, resultariam num aumento da eficiência energética do sistema de iluminação. O maior desafio colocado por este estudo foi a seleção da tecnologia a utilizar ao nível da iluminação, de modo a que esta fosse o mais eficiente possível energeticamente (contribuindo assim para reduzir o consumo de energia) e respeitasse o compromisso de bem-estar e segurança dos utilizadores, ou seja, sem que o seu nível de conforto e confiança fosse alterado e de modo a que tudo estivesse de acordo com as normas definidas pela União Europeia (UE).

O segundo capítulo enquadra a temática abordada, desde as origens da energia, passando pelas mais variadas fontes existentes e respetivo impacto ambiental, até ao modo como esta é produzida e consumida em Portugal, em geral e especificamente no setor da saúde.

O terceiro capítulo debruça-se de forma aprofundada sobre questões técnicas de iluminação e eficiência energética.

No quarto capítulo apresenta-se o caso de estudo, desde a caracterização do contexto, até à proposta das medidas a tomar.

Finalmente, o quinto e último capítulo apresenta as conclusões a que se chegou, nomeadamente em termos económicos, ao nível do investimento e retorno. Inclui ainda recomendações e possíveis pistas para a realização de trabalhos futuros.



# Abstract

*The dissertation presented here addresses energy efficiency, current issue of great importance and that in this particular case, applied only to the area of lighting. The study was developed within the health sector, in hospital setting and in collaboration with the Faculty of Engineering of University of Porto (FEUP).*

*The first chapter presents objectives and challenges, and the main objective was to achieve, based on the survey of existing technologies and lighting design considering the standards applied to lighting in the health sector, as well as prior knowledge of the most used luminaires and lamps today, defining measures to be taken, which, if implemented, would result in increased energy efficiency of the lighting system. The greatest challenge posed by this study was the selection of technology of lighting, so that this can be the most energy efficient (reducing energy consumption) and respect the commitment of well-being and safety to users, in other words, without changing the level of comfort and trust, so that everything is in accordance with standards set by the European Union (EU).*

*The second chapter frames the theme discussed, from the origins of energy, through the various existing sources and respective environmental impact, to the way it's produced and consumed in Portugal, in general and specifically in the health sector.*

*The third chapter focuses in depth on technical issues of lighting and energy efficiency. The fourth chapter presents the case study, since the characterization of the context to the proposed action.*

*Finally, the fifth and final chapter presents the conclusions arrived at, particularly in economic terms, at the level of investment and revenue. It also includes recommendations and possible clues for future work.*





# Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de expressar todo o meu agradecimento aos meus pais e ao meu irmão, pelo apoio e incentivo na realização desta dissertação, sem eles não teria aqui chegado, pois sempre me acompanharam nos bons e nos maus momentos.

Agradeço também à minha orientadora, Engenheira Joana Andrade e ao coorientador Professor Doutor José Neves dos Santos, pela disponibilidade e pelas críticas construtivas que fizeram ao longo da realização da dissertação, bem como por todos os conhecimentos transmitidos e preocupação demonstrada pela evolução do trabalho.

Ao Engenheiro Pedro Machado e restante pessoal do Serviço de Instalações e Equipamentos, ao Sr. Martins e ao Sr. Sobral, pelo bem-estar e à-vontade que me fizeram sentir na empresa e por toda a disponibilidade e ajuda que prestaram durante o estágio.

Aos colegas de curso Diogo Nogueira, Frederico Horta, Gonçalo Silva, José Mourinho, Miguel Figueiredo, Nuno Soares, Ricardo Brito e Ricardo Oliveira, entre outros, pela amizade criada, pelas horas de mais aperto em algumas noites na faculdade e também por todos os bons momentos que passamos juntos.

Aos *Boyz N Da Hood* porque são, simplesmente, os melhores.

Por último, fica o agradecimento a todos os que não pude referir mas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a concretização desta dissertação.



# Índice

Resumo .....	iii
Abstract.....	v
Agradecimentos .....	vii
Índice .....	ix
Lista de figuras .....	xi
Lista de tabelas .....	xvii
Abreviaturas e Símbolos .....	xxi
<b>Capítulo 1 .....</b>	<b>23</b>
Introdução.....	23
1.1 - Objetivos e Desafios.....	24
<b>Capítulo 2 .....</b>	<b>25</b>
Enquadramento .....	25
2.1 - Origem da Energia .....	25
2.2 - Fontes de Energia.....	26
2.3 - Produção e Consumo de Energia em Portugal .....	35
2.4 - Impacto Ambiental .....	38
2.5 - Setor da Saúde .....	39
<b>Capítulo 3 .....</b>	<b>43</b>
Iluminação e Eficiência Energética .....	43
3.1 - Iluminação .....	43
3.1.1. Conceitos Gerais .....	43
3.1.2. Grandezas Luminotécnicas .....	45
3.1.3. Luminária.....	49
3.1.3.1. Tipos de Luminárias.....	50
3.1.4. Lâmpadas.....	53
3.1.4.1. Caraterísticas .....	53
3.1.4.2. Classificação das Lâmpadas .....	57
3.1.5. Acessórios .....	75
3.1.6. Comando de Iluminação .....	78
3.1.7. Projeto.....	82
3.1.8. Aparelhagem de Medida .....	90
3.1.9. Processo de Alienação das Lâmpadas .....	92
3.2 - Eficiência Energética.....	92
3.2.1. Aplicação ao Setor da Iluminação.....	93
3.2.1.1. Modos de Gestão da Iluminação .....	94
3.2.2. A Eficiência Energética dos Hospitais e o Compromisso do Bem-Estar e Segurança .....	97

<b>Capítulo 4 .....</b>	<b>101</b>
Caso de Estudo .....	101
4.1 - Caraterização da Unidade Hospitalar .....	101
4.1.1. Apresentação .....	101
4.1.2. Descrição dos Pisos .....	104
4.1.3. Horário de Funcionamento dos Serviços .....	107
4.1.4. Consumos de Eletricidade .....	107
4.1.5. Desagregação de Consumos .....	109
4.2 - Estudo do Hospital .....	110
4.2.1. Método de Medição e Equipamento e Programa Utilizado .....	111
4.2.2. Caraterísticas dos Locais, Medição de Iluminância, Verificação com a norma EN-12464 e Recomendações .....	112
4.2.2.1. Enfermarias .....	113
4.2.2.2. Salas de Imagiologia .....	121
4.2.2.3. Bloco Operatório .....	131
4.2.2.4. Salas de Escritório .....	135
4.2.2.5. Salas de Espera .....	142
4.2.2.6. Acessos .....	149
4.2.2.7. Outros Espaços .....	156
<b>Capítulo 5 .....</b>	<b>169</b>
Conclusão .....	169
5.1 - Resultados do Estudo .....	169
5.2 - Recomendações .....	172
5.3 - Trabalhos Futuros .....	173
Referências .....	175
Anexos .....	179
Anexo A: Organigrama ULSM .....	180
Anexo B: Plantas Autocad HPH .....	181
Anexo C: Datasheet Luxímetro HT307 .....	183
Anexo D: Legendagem Plantas Autocad .....	185
Anexo E: Lâmpadas e Cálculo Económico .....	186
Anexo F: Gestão Técnica Centralizada no HPH .....	189

# Lista de figuras

Figura 1 - Energia Solar .....	26
Figura 2 - Prós e Contras da Energia Solar [2] [3] .....	27
Figura 3 - Energia Eólica .....	27
Figura 4 - Prós e Contras da Energia Eólica [2] [3] .....	28
Figura 5 - Energia Hidroelétrica .....	28
Figura 6 - Prós e Contras da Energia Hidroelétrica [2] [3] .....	29
Figura 7 - Gás Natural .....	29
Figura 8 - Prós e Contras do Gás Natural [2] [3] .....	30
Figura 9 - Petróleo .....	30
Figura 10 - Prós e Contras do Petróleo [2] [3] .....	31
Figura 11 - Biomassa .....	31
Figura 12 - Prós e Contras da Biomassa [2] [3] .....	32
Figura 13 - Carvão .....	32
Figura 14 - Prós e Contras do Carvão [2] [3] .....	33
Figura 15 - Urânio .....	33
Figura 16 - Prós e Contras do Urânio .....	34
Figura 17 - Energia Geotérmica .....	35
Figura 18 - Prós e Contras da Energia Geotérmica [2] [3] .....	35
Figura 19 - Evolução da Produção de Eletricidade em Portugal entre 1999 e 2013 [5] .....	36
Figura 20 - Distribuição, por Tecnologia, da Energia Comercializada em Portugal em 2013 pela EDP [6] .....	36
Figura 21 - Evolução Mensal da Energia Elétrica Produzida, Por Tecnologia [6] .....	37
Figura 22 - Utilização Global da Eletricidade Consumida por Tipo de Serviço [3] .....	37

Figura 23 - Emissões Anuais Específicas entre 2011 e 2013 em Portugal [6] .....	39
Figura 24 - Evolução Mensal das Emissões Específicas de Portugal em 2013 [9] .....	39
Figura 25 - Distribuição Global da Energia no Setor Terciário (dados de 2007) [10] .....	40
Figura 26 - Desagregação do Consumo de Energia num Hospital Típico [11] .....	41
Figura 27 - Fontes de Energia Utilizadas nos Edifícios de Serviços no Ano de 2010 em Portugal [12] .....	41
Figura 28 - Tipo de Utilização da Energia nos Edifícios de Serviços no Ano de 2010 em Portugal [12] .....	41
Figura 29 - Espectro Eletromagnético [15] .....	44
Figura 30 - Espectro Luz Visível [15] .....	44
Figura 31 - Fluxo Luminoso [15] .....	45
Figura 32 - Intensidade Luminosa [15] .....	46
Figura 33 - Iluminância [15] .....	47
Figura 34 - Luminância [15] .....	47
Figura 35 - Luminária de Luz Direta [25] .....	50
Figura 36 - Luminária de Luz Semidireta [25] .....	51
Figura 37 - Luminária de Luz Mista [25] .....	51
Figura 38 - Luminária de Luz Semi-Indireta [25] .....	52
Figura 39 - Luminária de Luz Indireta [25] .....	52
Figura 40 - Etiqueta Energética .....	54
Figura 41 - Tipos de Casquilhos [26] .....	56
Figura 42 - Lâmpada Incandescente .....	58
Figura 43 - Formas das Lâmpadas Incandescentes [16] .....	59
Figura 44 - Campanha de Troca de Lâmpadas .....	60
Figura 45 - Lâmpada de Halogénio .....	60
Figura 46 - Formas das Lâmpadas de Halogénio [16] .....	62
Figura 47 - Lâmpada Fluorescente Tubular (à esquerda) e Lâmpada Fluorescente Compacta (à direita) .....	62
Figura 48 - Diâmetro e Classificação das Lâmpadas Fluorescentes Tubulares .....	63
Figura 49 - Formas das Lâmpadas Fluorescentes [16] .....	65
Figura 50 - Lâmpada de Vapor de Sódio de Baixa Pressão .....	65

Figura 51 - Lâmpada de Vapor de Sódio de Alta Pressão .....	67
Figura 52 - Lâmpada de Vapor de Mercúrio de Alta Pressão .....	68
Figura 53- Lâmpada de Iodetos Metálicos .....	70
Figura 54 - Lâmpada de Indução .....	71
Figura 55 - Lâmpada LED .....	72
Figura 56 - Poupança de Energia <i>Versus</i> Consumo de Energia .....	74
Figura 57 - Comparação da Eficiência Luminosa de Vários Tipos de Lâmpadas [15] .....	75
Figura 58 - Arrancador .....	75
Figura 59 - Ignitor .....	76
Figura 60 - Balastro Ferromagnético (à esquerda) e Balastro Eletrónico (à direita) .....	76
Figura 61 - Condensador .....	78
Figura 62 - Interruptor Normal (à esquerda) e Interruptor Regulável (à direita) .....	79
Figura 63 - Telerruptor .....	80
Figura 64 - Detetor de Movimento com Sensor de Infravermelhos .....	80
Figura 65 - Interruptor Horário .....	81
Figura 66 - Sensor de Iluminação .....	81
Figura 67 - Área de Trabalho e Áreas Circundantes [20] .....	84
Figura 68 - Luxímetro .....	90
Figura 69 - Luminancímetro .....	91
Figura 70 - Logotipo ULSM .....	101
Figura 71 - Vista Aérea do HPH .....	103
Figura 72 - Análise Comparativa dos Consumos de Eletricidade no HPH (Realizado no 4º Trimestre de 2012 e 2013) .....	108
Figura 73 - Análise Comparativa dos Custos de Eletricidade no HPH (Realizado no 4º Trimestre de 2012 e 2013) .....	109
Figura 74 - Desagregação de Consumos do HPH no ano de 2013 .....	109
Figura 75 - Luxímetro HT307 .....	112
Figura 76 - Logotipo Autocad 2014 .....	112
Figura 77 - Enfermaria (Fotografia 1) .....	114
Figura 78 - Enfermaria (Fotografia 2) .....	114
Figura 79 - Casa de Banho Privativa Enfermaria (Fotografia 1) .....	115

Figura 80 - Casa de Banho Privativa Enfermaria (Fotografia 2) .....	115
Figura 81 - Planta Autocad da Enfermaria e Casa de Banho Privativa .....	116
Figura 82 - Planta Autocad da Enfermaria e Casa de Banho Privativa com Medições de Iluminância .....	117
Figura 83 - Sala de Enfermagem .....	119
Figura 84 - Planta Autocad da Sala de Enfermagem.....	119
Figura 85 - Planta Autocad da Sala de Enfermagem com Medições de Iluminância .....	120
Figura 86 - Sala de TAC nº 9 .....	122
Figura 87 - Planta Autocad da Sala de TAC nº 9.....	122
Figura 88 - Planta Autocad da Sala de TAC nº 9 com Medições de Iluminância .....	123
Figura 89 - Sala de TAC nº 12 (Fotografia 1) .....	125
Figura 90 - Sala de TAC nº 12 (Fotografia 2) .....	125
Figura 91 - Planta Autocad da Sala de Tac nº12.....	126
Figura 92 - Planta Autocad da Sala de Tac nº12 com Medições Iluminância .....	126
Figura 93 - Sala de Raio-X nº 11 (Fotografia 1) .....	128
Figura 94 - Sala de Raio-X nº 11 (Fotografia 2) .....	128
Figura 95 - Planta Autocad da Sala de Raio-X nº 11 .....	129
Figura 96 - Planta Autocad da Sala de Raio-X nº 11 com Medições Iluminância .....	129
Figura 97 - Sala de Operação (Fotografia 1) .....	132
Figura 98 - Sala de Operação (Fotografia 2) .....	132
Figura 99 - Sala de Operação (Fotografia 3) .....	133
Figura 100 - Planta Autocad da Sala de Operação .....	133
Figura 101 - Planta Autocad da Sala de Operação com Medição de Iluminância .....	134
Figura 102 - Candeeiro de Iluminação Cirúrgica LED .....	135
Figura 103 - Gabinete do SIE (Fotografia 1).....	136
Figura 104 - Gabinete do SIE (Fotografia 2).....	137
Figura 105 - Planta Autocad do Gabinete do SIE .....	137
Figura 106 - Planta Autocad do Gabinete do SIE com Medição de Iluminância .....	138
Figura 107 - Gabinete do Diretor de Serviço do SIE (Fotografia 1) .....	140
Figura 108 - Gabinete do Diretor de Serviço do SIE (Fotografia 2) .....	140



Figura 109 - Gabinete do Diretor de Serviço do SIE (Fotografia 3).....	141
Figura 110 - Planta Autocad do Gabinete do Dretor de Serviço do SIE.....	141
Figura 111 - Planta Autocad do Gabinete do Diretor de Serviço do SIE com Medições de Iluminância .....	141
Figura 112 - Sala de Espera da Consulta Externa (Fotografia 1).....	143
Figura 113 - Sala de Espera da Consulta Externa (Fotografia 2).....	144
Figura 114 - Planta Autocad da Sala de Espera da Consulta Externa com Medições de Iluminância .....	145
Figura 115 - Sala de Espera da Cirurgia B (Fotografia 1).....	147
Figura 116 - Sala de Espera da Cirurgia B (Fotografia 2).....	147
Figura 117 - Planta Autocad da Sala de Espera da Cirurgia B .....	148
Figura 118 - Planta Autocad da Sala de Espera da Cirurgia B com Medição de Iluminância ...	148
Figura 119 - Corredor Imagiologia .....	150
Figura 120 - Planta Autocad do Corredor de Imagiologia .....	150
Figura 121 - Planta Autocad do Corredor de Imagiologia com Medição de Iluminância .....	151
Figura 122 - Corredor SIE (Fotografia 1) .....	152
Figura 123 - Corredor SIE (Fotografia 2) .....	152
Figura 124 - Planta Autocad do Corredor SIE com Medições de Iluminância .....	153
Figura 125 - Escadas entre o Piso 0 e o Piso 1 .....	154
Figura 126 - Planta Autocad das Escadas entre o Piso 0 e o Piso 1 .....	155
Figura 127 - Gabinete de Consulta Externa (Fotografia 1) .....	157
Figura 128 - Gabinete de Consulta Externa (Fotografia 2) .....	157
Figura 129 - Planta Autocad do Gabinete de Consulta Externa.....	158
Figura 130 - Planta Autocad do Gabinete de Consulta Externa com Medições de Iluminância .....	158
Figura 131 - Farmácia (Fotografia 1) .....	160
Figura 132 - Planta Autocad da Farmácia .....	160
Figura 133 - Planta Autocad da Farmácia com Medição de Iluminância .....	161
Figura 134 - Biblioteca (Fotografia 1) .....	163
Figura 135 - Biblioteca (Fotografia 2) .....	164
Figura 136 - Planta Autocad da Biblioteca com Medições de Iluminância .....	165

Figura 137 - Planta Autocad Piso -1 .....	181
Figura 138 - Planta Autocad Piso 0 .....	181
Figura 139 - Planta Autocad Piso 1 .....	182
Figura 140 - Planta Autocad Piso 2 .....	182
Figura 141 - Legendagem Armaduras/Luminárias em Autocad .....	185
Figura 142 - Legendagem Lâmpadas em Autocad .....	185
Figura 143 - Representação da Iluminância em Autocad .....	185
Figura 144 - Lâmpada SYLVANA CF-L 36W/840.....	186
Figura 145 - Lâmpada Philips TL-D 18W/840.....	186
Figura 146 - Lâmpada Philips TL-D 36W/840.....	187
Figura 147 - GTC Gabinete SIE .....	189
Figura 148 - Menu GTC.....	189
Figura 149 - Supervisão do Estado dos Circuitos de Iluminação .....	190
Figura 150 - Supervisão do Estado dos Circuitos de Iluminação num Piso do HPH .....	190
Figura 151 - Gestão de Horários na GTC.....	192

# Lista de tabelas

Tabela 1 - Fator de Reflexão para Diferentes Cores [22] .....	48
Tabela 2 - Fator de Reflexão para Diferentes Materiais [22] .....	49
Tabela 3 - Correção de Potência para Modelos com Equipamento de Controlo Externo [25] ..	54
Tabela 4 - Definição do Fluxo Luminoso Útil [25] .....	55
Tabela 5 - Classificação de Temperatura de Cor [21] .....	55
Tabela 6 - Restituição de Cores .....	56
Tabela 7 - Caraterísticas Gerais das Lâmpadas Incandescentes [16] .....	59
Tabela 8 - Data de Proibição das Lâmpadas Incandescentes.....	60
Tabela 9 - Caraterísticas Gerais das Lâmpadas de Halogénio [16] .....	61
Tabela 10 - Caraterísticas Gerais das Lâmpadas Fluorescentes Tubulares [16] .....	63
Tabela 11 - Caraterísticas Gerais das Lâmpadas Fluorescentes Compactas [16] .....	64
Tabela 12 - Comparação de Potência Absorvida para Produção da mesma Quantidade de Luz entre Lâmpadas Incandescentes e Lâmpadas Fluorescentes Compactas [31] .....	65
Tabela 13 - Caraterísticas Gerais das Lâmpadas de Vapor de Sódio de Baixa Pressão [16] ....	66
Tabela 14 - Caraterísticas Gerais das Lâmpadas de Vapor de Sódio de Alta Pressão [16] .....	68
Tabela 15 - Caraterísticas Gerais das Lâmpadas de Vapor de Mercúrio de Alta Pressão [16] ..	69
Tabela 16 - Caraterísticas Gerais das Lâmpadas de Iodetos Metálicos [16] .....	70
Tabela 17 - Caraterísticas Gerais das Lâmpadas de Indução [16] .....	71
Tabela 18 - Caraterísticas Gerais das Lâmpadas LED [16] .....	73
Tabela 19 - Calendário <i>phase-out</i> de Lâmpadas e Acessórios para o Setor Terciário e Residencial [33] .....	74
Tabela 20 - Classe, Descrição e Consumo dos Balastros [34] .....	77

Tabela 21 - Valores de Refletância para Diferentes Superfícies [20].....	83
Tabela 22 - Iluminância na Área de Trabalho e na Área Circundante [20] .....	84
Tabela 23 - Número Mínimo de Células para formar uma Grelha de Iluminação Média de um Local Interior [20] .....	85
Tabela 24 - Valores Típicos para Fator de Manutenção do Fluxo Luminoso de Algumas Lâmpadas de Descarga [16] .....	87
Tabela 25 - Valores Típicos para Fator de Sobrevivência de Alguns Tipos de Lâmpadas de Descarga [16] .....	87
Tabela 26 - Fatores de Manutenção da Luminária para Luminárias Direta, Direta/Indireta e Indireta em Diferentes Locais com Intervalos de Limpeza em Ambientes Limpos [16]...	88
Tabela 27 - Fatores de Manutenção da Superfície do Espaço a partir de Luminárias Direta, Direta/Inversa e Indireta em Diferentes Locais com Intervalos de Limpeza em Ambientes Limpos [16] .....	88
Tabela 28 - Pisos e Serviços do HPH.....	104
Tabela 29 - Número de Horas de Serviço das Várias Zonas do Hospital .....	107
Tabela 30 - Análise dos Consumos / Custo Anual da Eletricidade no HPH (Realizado no 4º Trimestre de 2012 e 2013) .....	108
Tabela 31 - Características Enfermaria .....	114
Tabela 32 - Características Ideais de Iluminação para Enfermarias [20].....	116
Tabela 33 - Consumo Anual Tecnologia Existente e Soluções por Cama .....	118
Tabela 34 - Análise Viabilidade de Investimento das Soluções por Cama .....	118
Tabela 35 - Características Sala de Enfermagem.....	119
Tabela 36 - Consumo Anual Tecnologia Existente e Soluções por Sala de Enfermagem .....	120
Tabela 37 - Análise Viabilidade de Investimento das Soluções por Sala de Enfermagem .....	121
Tabela 38 - Características Sala de TAC nº 9.....	121
Tabela 39 - Características Ideais de Iluminação para Salas de Exames [20] .....	123
Tabela 40 - Consumo Anual Tecnologia Existente e Soluções na Sala de TAC nº 9 .....	124
Tabela 41 - Análise Viabilidade de Investimento das Soluções na Sala de TAC nº9 .....	124
Tabela 42 - Características da Sala de Tac nº 12 .....	125
Tabela 43 - Consumo Anual Tecnologia Existente e Soluções na Sala de TAC nº 12 .....	127
Tabela 44 - Análise Viabilidade de Investimento das Soluções na Sala de TAC nº 12.....	127
Tabela 45 - Características da Sala de Raio-X nº11 .....	128
Tabela 46 - Consumo Anual Tecnologia Existente e Soluções na Sala de Raio-X .....	130

Tabela 47 - Análise Viabilidade de Investimento das Soluções na Sala de Raio-X.....	130
Tabela 48 - Caraterísticas da Sala de Operação.....	131
Tabela 49 - Caraterísticas Ideais de Iluminação para Bloco Operatório [20].....	134
Tabela 50 - Caraterísticas do Gabinete do SIE.....	136
Tabela 51 - Caraterísticas Ideais de Iluminação para Salas de Funcionários [20] .....	137
Tabela 52 - Caraterísticas Ideais de Iluminação para Escritórios [20] .....	139
Tabela 53 - Consumo Anual Tecnologia Existente e Soluções no Gabinete do SIE .....	139
Tabela 54 - Análise Viabilidade de Investimento das Soluções no Gabinete do SIE .....	139
Tabela 55 - Consumo Anual Tecnologia Existente e Soluções no Gabinete do Diretor de Serviço do SIE .....	142
Tabela 56 - Análise Viabilidade de Investimento das Soluções no Gabinete do Diretor de Serviço do SIE .....	142
Tabela 57 - Caraterísticas da Sala de Espera da Consulta Externa .....	143
Tabela 58 - Caraterísticas Ideais para Locais de Utilização Geral [20].....	144
Tabela 59 - Consumo Anual Tecnologia Existente e Soluções na Sala de Espera da Consulta Externa.....	146
Tabela 60 - Análise Viabilidade de Investimento das Soluções na Sala de Espera da Consulta Externa .....	146
Tabela 61 - Caraterísticas da Sala de Espera da Cirurgia B .....	147
Tabela 62 - Consumo Anual Tecnologia Existente e Soluções na Sala de Espera da Cirurgia B.....	149
Tabela 63 - Análise Viabilidade de Investimento das Soluções na Sala de Espera da Cirurgia B.....	149
Tabela 64 - Caraterísticas Ideais para Zonas de Trânsito Dentro de Edifícios [20] .....	155
Tabela 65 - Caraterísticas do Gabinete de Consulta Externa .....	156
Tabela 66 - Caraterísticas Ideais para Salas de Exame [20] .....	158
Tabela 67 - Consumo Anual Tecnologia Existente e Soluções no Gabinete do Consulta Externa.....	159
Tabela 68 - Análise Viabilidade de Investimento das Soluções no Gabinete de Consulta Externa.....	159
Tabela 69 - Caraterísticas da Farmácia .....	160
Tabela 70 - Caraterísticas Ideais para Laboratórios e Farmácias [20].....	161
Tabela 71 - Consumo Anual Tecnologia Existente e Soluções na Farmácia.....	162
Tabela 72 - Análise Viabilidade de Investimento das Soluções na Farmácia .....	162

Tabela 73 - Caraterísticas da Biblioteca .....	163
Tabela 74 - Caraterísticas Ideais de Iluminação para Bibliotecas em Edifícios Educacionais [20] .....	164
Tabela 75 - Consumo Anual Tecnologia Existente e Soluções na Biblioteca .....	166
Tabela 76 - Análise Viabilidade de Investimento das Soluções na Biblioteca .....	166
Tabela 77 - Consumo Anual Tecnologia Existente e Soluções na Biblioteca .....	166
Tabela 78 - Análise Viabilidade de Investimento das Soluções na Biblioteca .....	166
Tabela 79 - Consumo Anual Tecnologia Existente e Soluções em 350 Camas .....	169
Tabela 80 - Análise Viabilidade de Investimento das Soluções em 350 Camas .....	170
Tabela 81 - Consumo Anual Tecnologia Existente e Solução nas Armaduras de 60cm com Capacidade Para 4 Lâmpadas .....	170
Tabela 82 - Análise Viabilidade de Investimento das Solução nas Armaduras de 60cm com Capacidade Para 4 Lâmpadas .....	170
Tabela 83 - Consumo Anual Tecnologia Existente e Soluções para 1.500 Armaduras de 120cm de 2 Lâmpadas .....	171
Tabela 84 - Análise Viabilidade de Investimento das Soluções para 1.500 Armaduras de 120cm de 2 Lâmpadas .....	171
Tabela 85 - Comparação dos Consumos e Custos Propostos com os Atuais, após Investimento .....	172
Tabela 86 - Comparação Caraterísticas Lâmpada Atual com Lâmpada Proposta para Iluminação das Camas .....	186
Tabela 87 - Comparação Caraterísticas Lâmpada Atual com Lâmpada Proposta para Armaduras de 60cm .....	186
Tabela 88 - Comparação Caraterísticas Lâmpada Atual com Lâmpadas Propostas para Armaduras de 120 cm .....	187
Tabela 89 - Preço e Tempo de Vida das Lâmpadas Propostas .....	187
Tabela 90 - Legenda dos Circuitos de Iluminação - Corpo Este.....	191
Tabela 91 - Legenda dos Circuitos de Iluminação - Corpo Oeste.....	191
Tabela 92 - Legenda dos Circuitos de Iluminação - Corpo H .....	192

# Abreviaturas e Símbolos

## Lista de abreviaturas

ACES	Agrupamento dos Centros de Saúde de Matosinhos
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CIE	<i>Comission Interlational de l'Ecleirage</i>
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
EEl	<i>Energy Efficiency Index</i>
EIB	<i>European Installation Bus</i>
EPE	Entidade Pública Empresarial
FEUP	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
GEE	Gases com Efeito de Estufa
GTC	Gestão Técnica Centralizada
HPH	Hospital Pedro Hispano
IRC	Índice de Restituição de Cores
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
LFC	Lâmpada Fluorescente Compacta
LMF	Fator de Manutenção da Luminária
LLMF	Fator de Manutenção do Fluxo Luminoso da Lâmpada
LSF	Fator de Sobrevivência da Lâmpada
MF	Fator Manutenção
OLED	<i>Organic Light Emitting Diode</i>
QAI	Qualidade do Ar Interior
REE	Resíduos e Equipamentos Elétricos e Eletrónicos
RI	<i>Room Index</i>
RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
RSMF	Fator de Manutenção da Superfície do Espaço
SAD	<i>Seasonal Affective Disorder</i>
SIE	Serviço de Instalações e Equipamentos

TAC	Tomografia Axial Computorizada
ULSM	Unidade Local de Saúde de Matosinhos

#### Lista de símbolos

$\phi$	Fluxo Luminoso
$\psi$	Fluxo Radiante
I	Intensidade Luminosa
L	Luminância
A	Área
E	Iluminância
p	Coeficiente de Reflexão
$\alpha$	Angulo de Incidência
$U_0$	Uniformidade da Iluminância
$V_\lambda$	Eficiência Luminosa Relativa
$\Delta\lambda$	Comprimento de Onda



# Capítulo 1

## Introdução

Desde há algum tempo e devido principalmente a preocupações de índole ambiental, o ser humano tem procurado formas alternativas de produzir energia. As principais fontes são ainda os combustíveis fósseis, que são recursos esgotáveis, para além de serem também os maiores causadores de emissões de Gases com Efeito de Estufa (GEE) para a atmosfera, os quais provocam o aquecimento global do planeta. Ora esse aumento das temperaturas impacta negativamente no meio ambiente, desencadeando alterações decisivas nos sistemas da Terra. Neste âmbito, dois fatores têm vindo a exercer grande influência: por um lado a progressiva consciencialização da problemática das alterações climáticas, que originou a criação de legislação que limita as emissões de GEE e, por outro, a recessão económica, gerada por uma crise financeira quase à escala mundial, a qual provocou o aumento do custo dos combustíveis, levando à necessidade de redução de despesas no campo da energia, através da utilização de fontes alternativas, como é o caso das energias renováveis. Estas utilizam recursos não poluentes e inesgotáveis, como o sol e o vento, mas a sua produção está dependente da existência de determinadas condições (intensidade variável do vento, ser dia ou noite, etc.) que não são passíveis de controlar.

Ora uma menor produção de energia faria com que a emissão de GEE fosse menor e aqui entronca também a eficiência energética, que se refere à possibilidade de fazer o mesmo com menos energia (ou então fazer mais, com a mesma). A eficiência energética é atualmente um tema universal e, como tal, é dirigida por uma série de programas e iniciativas europeias. De facto, a energia é uma condição *sine qua non* para a vida que temos atualmente, pois está presente em toda a parte, desde a iluminação das estradas que percorremos todos os dias, até ao aquecimento das nossas casas durante o Inverno.

As instituições hospitalares estão entre os maiores consumidores de energia elétrica e, considerando a atual conjuntura, devem ter como objetivo reduzir custos, aumentando a sua eficiência energética. O presente estudo pretende contribuir para esse mesmo propósito,

sugerindo alterações ao sistema de iluminação de uma unidade hospitalar, sem afetar o bem-estar e a segurança de quem frequenta a instituição.

Na verdade, a iluminação tem hoje em dia um grande peso no consumo de energia do nosso planeta, o que fez surgir a necessidade de se adotarem sistemas mais eficientes, ou seja, que sejam capazes de gerar a mesma quantidade de luz consumindo menos energia elétrica. Com essa redução de consumo obtém-se também, logicamente, uma diminuição dos custos, o que é algo muito importante, considerando a situação financeira que se vive na atualidade. Assim sendo, esta é uma excelente oportunidade de juntar o útil ao agradável, associando a redução de custos que advém da poupança de energia elétrica, à minimização do impacto ambiental negativo e consequente melhoria do meio ambiente.

## **1.1 - Objetivos e Desafios**

A presente dissertação, intitulada "Eficiência Energética e o Compromisso do Bem-Estar e Segurança em Instituições Hospitalares" aborda a eficiência energética, uma questão muito atual e de grande importância e que, neste caso em especial, é apenas aplicado à área de iluminação. Este projeto foi realizado com o Serviço de Instalações e Equipamentos (SIE) da Unidade Local de Saúde de Matosinhos (ULSM), Hospital Pedro Hispano (HPH), em colaboração com a FEUP.

### **Objetivos e Estratégias:**

- Entendimento das normas aplicadas à iluminação no setor da saúde;
- Levantamento luminotécnico das tecnologias existentes no HPH;
- Estudo das luminárias e lâmpadas mais utilizadas atualmente;
- Estabelecimento de medidas a tomar, de acordo com o compromisso do bem-estar e segurança para os utilizadores, de cuja implementação resultasse um aumento de eficiência energética da iluminação, em concordância com as normas definidas pela União Europeia.

### **Principais Desafios:**

Escolha da tecnologia a utilizar ao nível da iluminação, de forma a ser o mais eficiente possível energeticamente (reduzindo o consumo de energia) mas sem que o nível de conforto, bem-estar e segurança dos utilizadores seja alterado e de modo a que tudo esteja de acordo com as normas definidas pela União Europeia (UE).

# Capítulo 2

## Enquadramento

Este capítulo tem como propósito enquadrar a temática abordada, desde as origens da energia, passando pelas mais variadas fontes existentes, até ao modo como esta é produzida e consumida em Portugal. A produção de energia ainda não pode dissociar-se dos impactos que provoca no ambiente sendo, por isso, uma preocupação generalizada que se minimizem as emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Desenvolveu-se este estudo no setor da saúde, sendo possível analisar as principais origens do consumo energético em contexto hospitalar, de modo a aferir possibilidades de melhoria da eficiência energética.

### 2.1 - Origem da Energia

Uma coisa impensável hoje em dia em qualquer país desenvolvido, como é o caso de Portugal, seria viver sem o conceito de energia. Mas o que é a energia? A energia provém de várias fontes e manifesta-se sobre diversas formas, podendo ser classificada em duas categorias: energia potencial e energia cinética. Enquanto que a energia potencial é armazenada num objeto (por exemplo: energia mecânica, nuclear, gravitacional, química e elétrica) a energia cinética é a que *faz o trabalho* e alguns exemplos são: calor, movimento, luz e som. O tipo de energia referido nesta dissertação é a energia elétrica, que é um dos tipos de energia mais preponderante, um bem essencial e indispensável a qualquer ser humano.

A produção de eletricidade dá-se através de um processo de geração a partir de fontes de energia primária (exemplos: gasóleo, carvão, gás natural, água, vento, sol, biomassa, resíduos), o qual é, também, um processo de mudança de energia potencial para cinética, a que se dá o nome de transformação de energia. No caso da produção de energia elétrica, esta dá-se através da conversão de energia mecânica em energia elétrica.

Existem diferentes tipos de tecnologias para a produção de eletricidade, as quais podem ser divididas em três tipos: energias não renováveis, energias renováveis e fontes de energia secundárias. A primeira é aquela que se baseia em recursos que são limitados (esgotáveis) e

alguns exemplos dessas matérias-primas são o carvão, o petróleo, o gás natural (chamados também combustíveis fósseis, por terem sido transformados a partir de restos orgânicos de animais e plantas pré-históricos) e também o urânio (utilizado em energia nuclear). Energias renováveis são aquelas que provêm de recursos que não se esgotam, tais como o vento e o sol, tal como acontece com as energias solar, hidroelétrica, eólica e biomassa. Estima-se que, atualmente, menos de 2% da eletricidade existente no mundo provém de fontes renováveis. Existe também um debate global sobre a energia geotérmica, quanto ao facto de ser renovável ou não. Por fim, as fontes de energia secundárias são utilizadas para armazenar, mover e entregar a energia de forma mais fácil, como acontece com a eletricidade e o hidrogénio [1].

## 2.2 - Fontes de Energia

### Solar Fotovoltaica

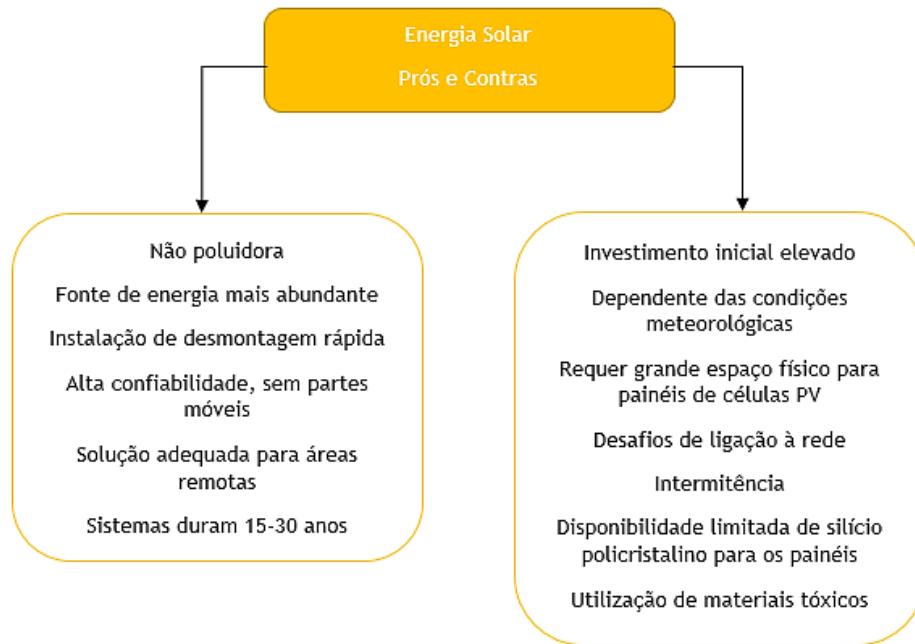


Figura 1 - Energia Solar

A energia solar, exemplificada na figura 1, é a fonte de energia mais abundante, pois provém do sol. Está disponível sob forma direta (radiação solar) e indireta (eólica, biomassa, hídrica, etc.). Apenas cerca de 60% da energia total emitida pelo sol atinge a superfície da Terra mas, ainda assim, é uma enorme quantidade de energia. Como curiosidade, refira-se que, se apenas 0,1% dessa energia fosse convertida com uma eficiência de 10%, esta seria quatro vezes maior do que a capacidade de geração de eletricidade total do mundo, de cerca de 5000 GW.

A sua captação acontece através de células fotovoltaicas que, ao receberem incidência solar, originam a produção de energia elétrica que pode ser injetada diretamente na rede através de um inversor, ou então armazenada numa bateria para utilização posterior. No entanto, existe uma dificuldade no aproveitamento desta energia de forma eficaz, sendo que a geração de energia está dependente da incidência do sol, isto é, à noite ou com sol encoberto por nuvens, os painéis solares não conseguem gerar energia, ao que acresce também que o potencial solar é menor no Inverno do que no Verão. A utilização da energia solar está a crescer em todo mundo, em parte devido à diminuição do custo dos painéis solares. Destaque-se, ainda que a energia solar também pode ser aproveitada para aquecimento de águas ou de edifícios e evitar assim a utilização de eletricidade ou de gás [2] [3] [4].

Na figura 2 podem observar-se os prós e contras deste tipo de energia.



**Figura 2 - Prós e Contras da Energia Solar [2] [3]**

## Eólica



**Figura 3 - Energia Eólica**

A energia eólica, indicada na figura 3, é o resultado do processo através do qual o vento é aproveitado para gerar energia mecânica, ou eletricidade. Desde há muito tempo que o vento tem aplicações ligadas à energia, como seja para deslocar barcos à vela, bombear água ou moer grãos de cereais. Hoje em dia, são utilizadas turbinas eólicas para gerar eletricidade em locais onde a velocidade média anual do vento é superior a 6m/s, pois só nessas condições se torna viável instalar um parque eólico. Este tipo de energia está dependente de quão forte o vento sopra sendo, por isso, utilizada muitas vezes como suplemento de outras fontes de energia. No caso de Portugal, os locais mais apropriados para a instalação de parques eólicos são nas zonas montanhosas ou na costa.

Curiosamente, o vento é também uma forma de energia solar: o sol aquece os diferentes locais da Terra a taxas diferentes - mais notáveis na diferença entre dia e noite - e é influenciado pela forma da Terra, corpos e água, vegetação, etc. O ar quente tem tendência a subir,

reduzindo a pressão atmosférica na superfície da Terra e o ar frio é aspirado para o substituir. O resultado destas movimentações de ar é o vento.

A energia eólica é uma energia limpa pois não produz gases de efeito de estufa, nocivos. Os aerogeradores, nos parques eólicos, produzem a energia elétrica através da rotação das suas pás com a força do vento, as quais fazem rodar o eixo do gerador. Estes podem ser instalados em terra (*onshore*) ou no mar (*offshore*). Em Portugal, atualmente, mais de 20% da eletricidade consumida tem origem eólica [2] [4].

Na figura 4 podem observar-se os prós e contras da energia eólica:

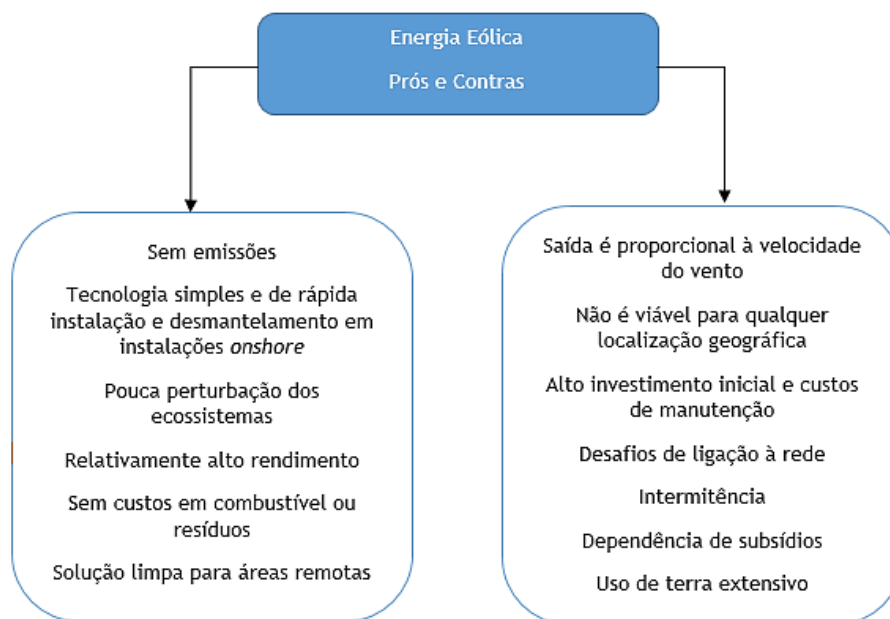


Figura 4 - Prós e Contras da Energia Eólica [2] [3]

## Hidroelétrica

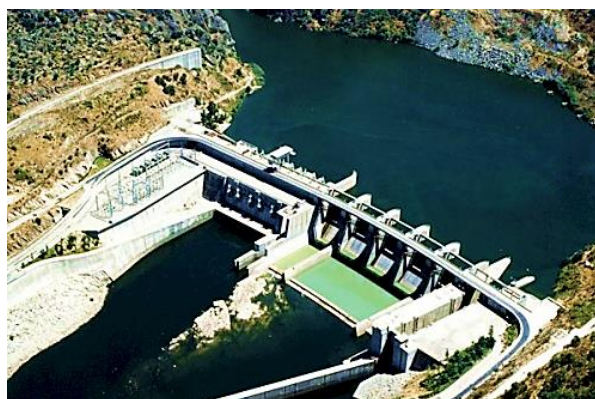


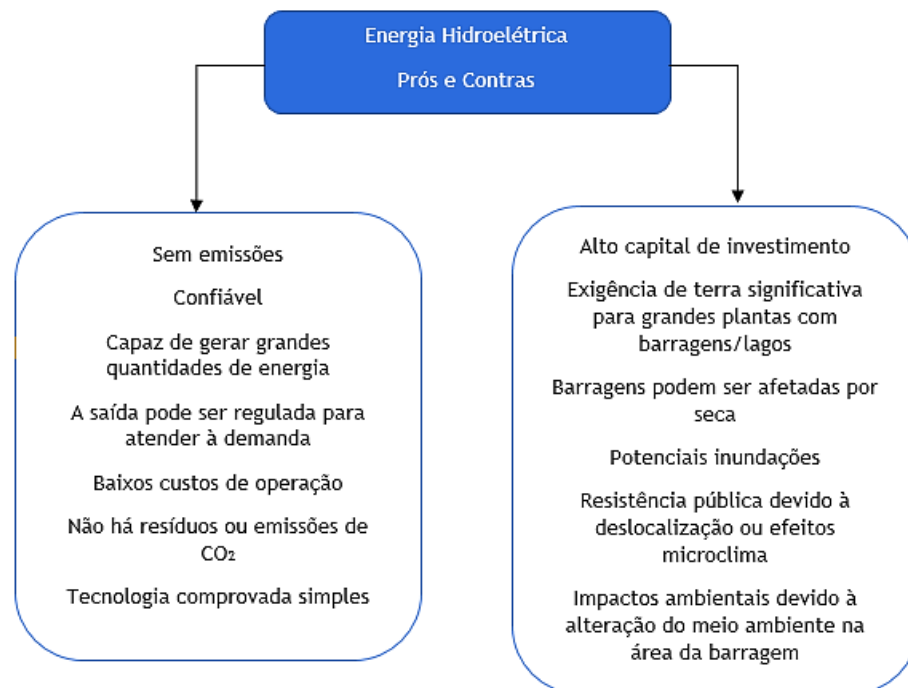
Figura 5 - Energia Hidroelétrica

A energia hidroelétrica é captada da água em movimento. Ela é frequentemente utilizada para produzir eletricidade, geralmente em barragens, nas centrais hídricas, as quais podem ser de dois tipos: com armazenamento em albufeira ou de fio de água.

A produção de energia elétrica ocorre com o acionamento (rotação) das pás das turbinas, quando se dá a queda de água entre o nível a montante (albufeira) e o nível do rio, a jusante. É das fontes com maior rendimento para produção de eletricidade e contribui para a

estabilidade do sistema elétrico. As centrais de albufeira com bombagem têm a capacidade de reagir a variações da produção ou consumo, aumentando assim a sustentabilidade energética do sistema. Hoje em dia, cerca de 30% da eletricidade consumida em Portugal é de origem hídrica [2] [4].

A figura 6 ilustra as principais vantagens e desvantagens da utilização da energia hidroelétrica:



**Figura 6 - Prós e Contras da Energia Hidroelétrica [2] [3]**

## Gás Natural



**Figura 7 - Gás Natural**

O gás natural é um combustível fóssil muito abundante e flexível. Sendo também o mais limpo, a sua utilização está a crescer em todos os setores económicos, pois está associado a um menor prejuízo ambiental, o que tem encorajado o seu uso.

O gás natural é distribuído através de gasodutos, o que constitui um fator limitador para os recursos remotos, isto é, que não estão perto dos principais mercados consumidores. Atualmente tem sido considerável o desenvolvimento de tecnologia com capacidade para converter o gás natural do estado gasoso para o líquido, de modo a facilitar a distribuição. É largamente utilizado nas tecnologias mais eficientes de produção de energia, tais como em

turbinas a gás de ciclo combinado, que têm uma eficiência de conversão de cerca de 60%. A exploração, desenvolvimento e transporte de gás, geralmente, requer um investimento inicial significativo e é necessária uma estreita coordenação entre o investimento na infraestrutura de gás e de energia [2] [3].

Na figura 8 podem analisar-se os prós e contras desta fonte primária de energia:

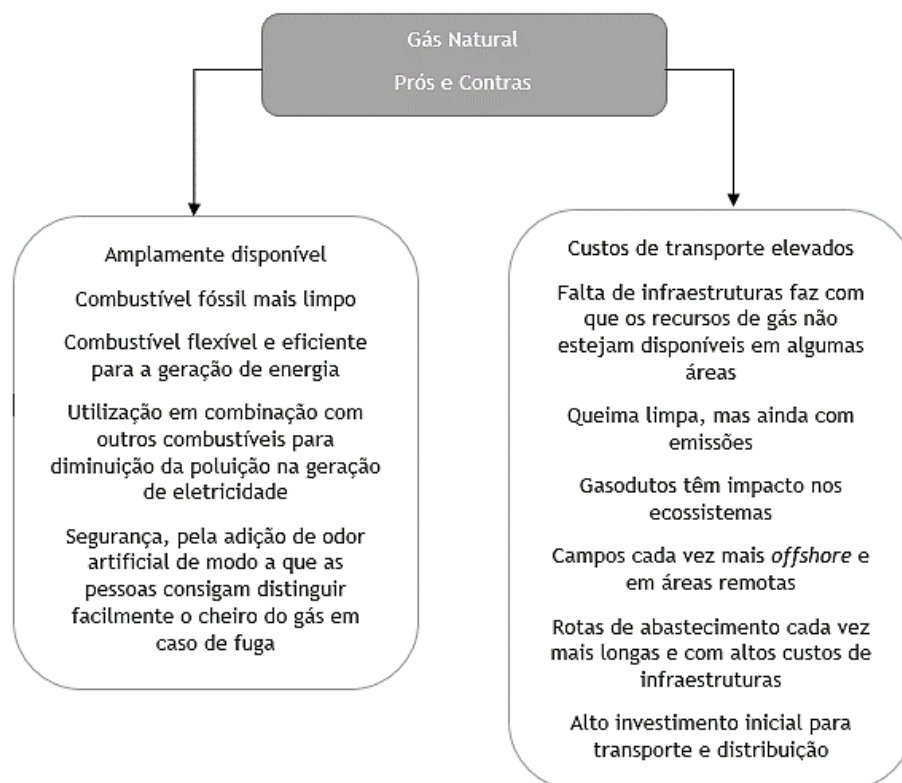


Figura 8 - Prós e Contras do Gás Natural [2] [3]

## Petróleo



Figura 9 - Petróleo

O petróleo é também um combustível fóssil, feito naturalmente através da decomposição de restos de plantas e animais pré-históricos. Forma-se pela junção de gás natural com óleo, misturando assim centenas de diferentes moléculas de hidrocarbonetos que contêm hidrogénio



e carbono, as quais existem por vezes como um líquido (óleo bruto) e, outras vezes, na forma de vapor (gás natural).

O petróleo continua a ser o principal recurso de energia, com uma ampla gama de aplicações possíveis. A sua principal utilização, contudo, vai mudar na direção do setor dos transportes e petroquímico. O futuro da posição do petróleo no topo da utilização das fontes de energia vai enfrentar um grande desafio em face de outros combustíveis, como o gás natural [3].

Podem observar-se na figura 10 as vantagens e desvantagens da utilização de petróleo:

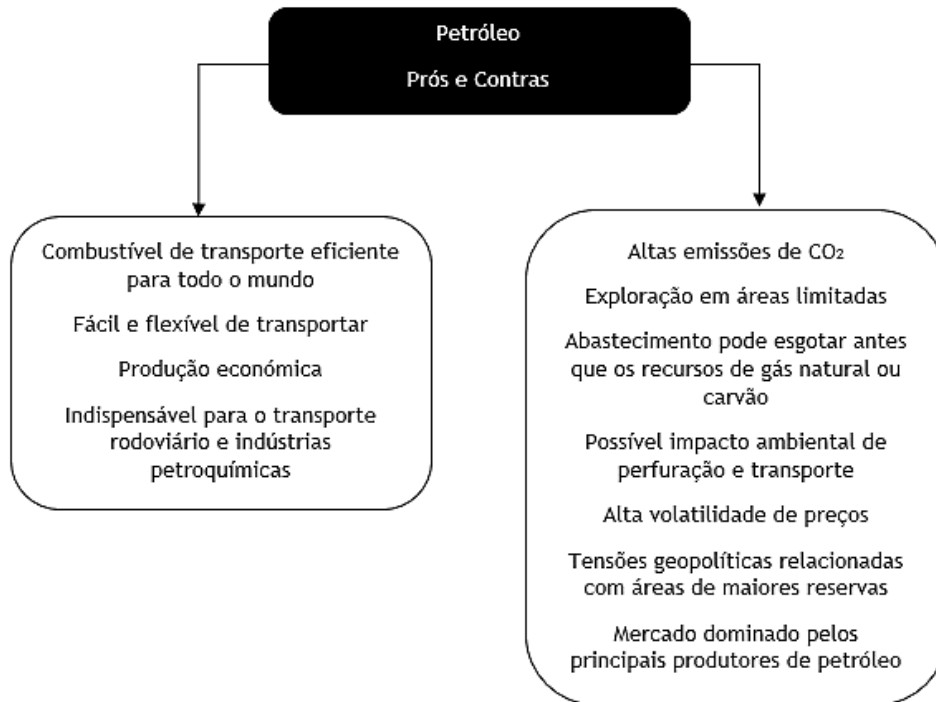


Figura 10 - Prós e Contras do Petróleo [2] [3]

## Biomassa



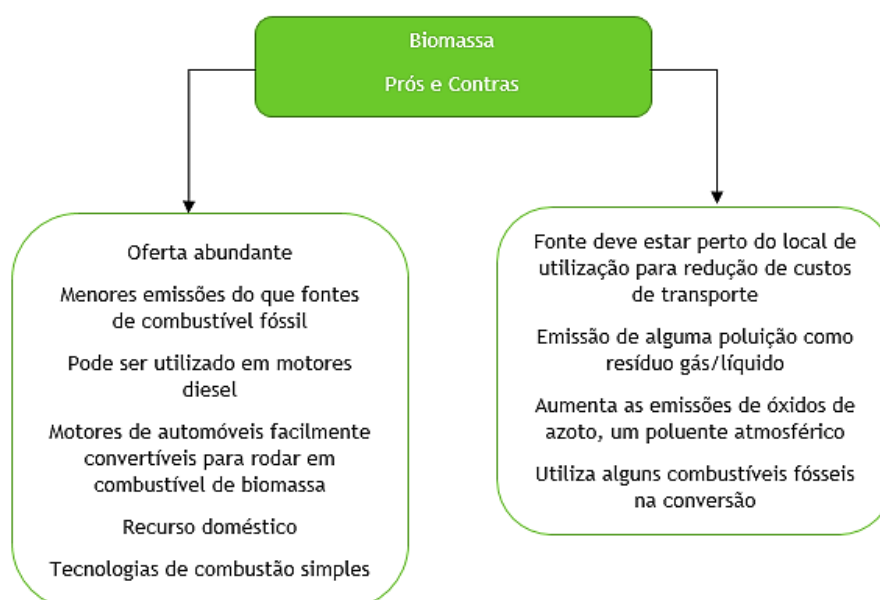
Figura 11 - Biomassa

A biomassa é matéria orgânica, de origem animal ou vegetal, que pode ser utilizada como fonte primária de energia. Na biomassa entram os subprodutos da agricultura, pecuária e da floresta (exploração de madeira), como também a parte biodegradável dos resíduos sólidos urbanos e

ainda o aproveitamento de algas cultivadas ou colhidas na costa. São estas as matérias-primas para a produção de eletricidade, de calor e de combustíveis para os transportes.

O biocombustível, incluindo etanol, é de queima limpa, biodegradável e feito a partir de recursos renováveis. Além de ser utilizado como combustível para transportes, o biocombustível pode ser convertido noutras formas úteis de energia, incluindo o gás metano e calor. A biomassa residual florestal, sendo utilizada na produção de eletricidade, pode ter um importante papel na redução dos riscos de incêndios florestais, articulando a limpeza das florestas com o ordenamento do território. Na verdade, apesar de exigir um processo de queima, a utilização desta biomassa não acarreta um aumento de emissão de GEE, pois a fotossíntese, realizada pelas mesmas árvores que dão origem aos resíduos, possibilita a remoção do CO<sub>2</sub> da atmosfera [2] [4].

Na figura 12 estão as vantagens e desvantagens deste tipo de energia:



**Figura 12 - Prós e Contras da Biomassa [2] [3]**

## Carvão



**Figura 13 - Carvão**

O carvão é uma rocha sedimentar combustível de cor preta, que é composta principalmente por carbono e hidrocarbonetos de moléculas que contêm hidrogénio e carbono. É uma fonte de energia não renovável, porque leva milhões de anos para criar. A energia do carvão vem dos restos de plantas e animais pré-históricos, tornando-se assim parte da família dos combustíveis fósseis. Apesar das suas pobres credenciais ambientais, o carvão continua a ser utilizado como fonte de energia principal em muitos países. É o combustível fóssil mais difundido em todo o mundo e a sua utilização na geração de energia mundial é ainda superior a 40% [2] [4].

Na figura 14 encontramos os prós e contras do carvão:

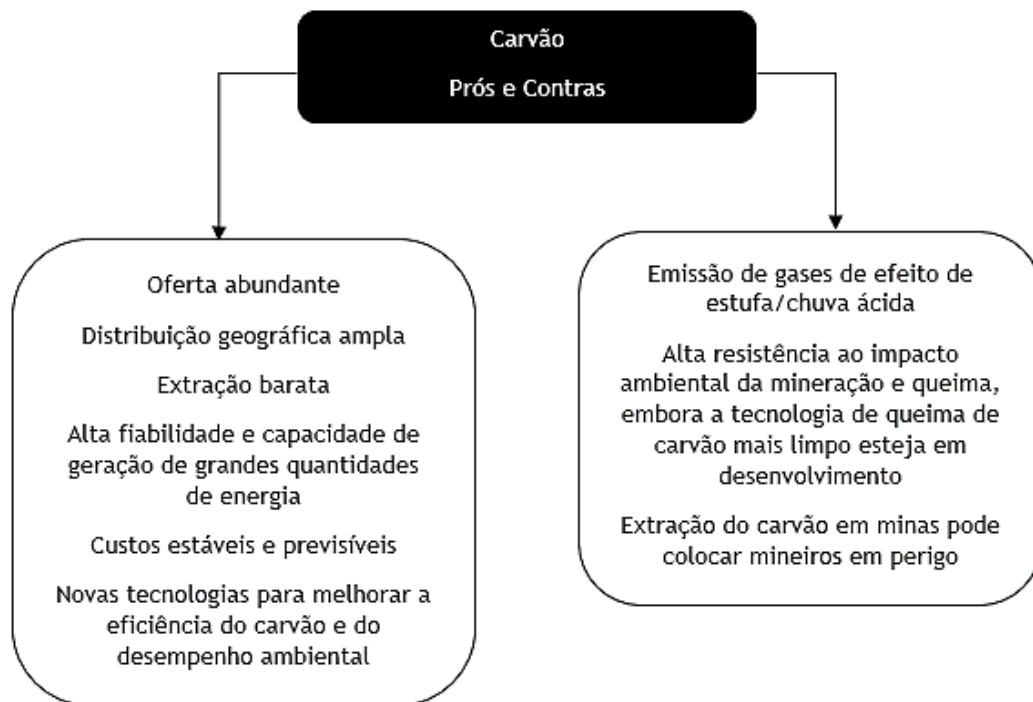


Figura 14 - Prós e Contras do Carvão [2] [3]

## Urânio



Figura 15 - Urânio

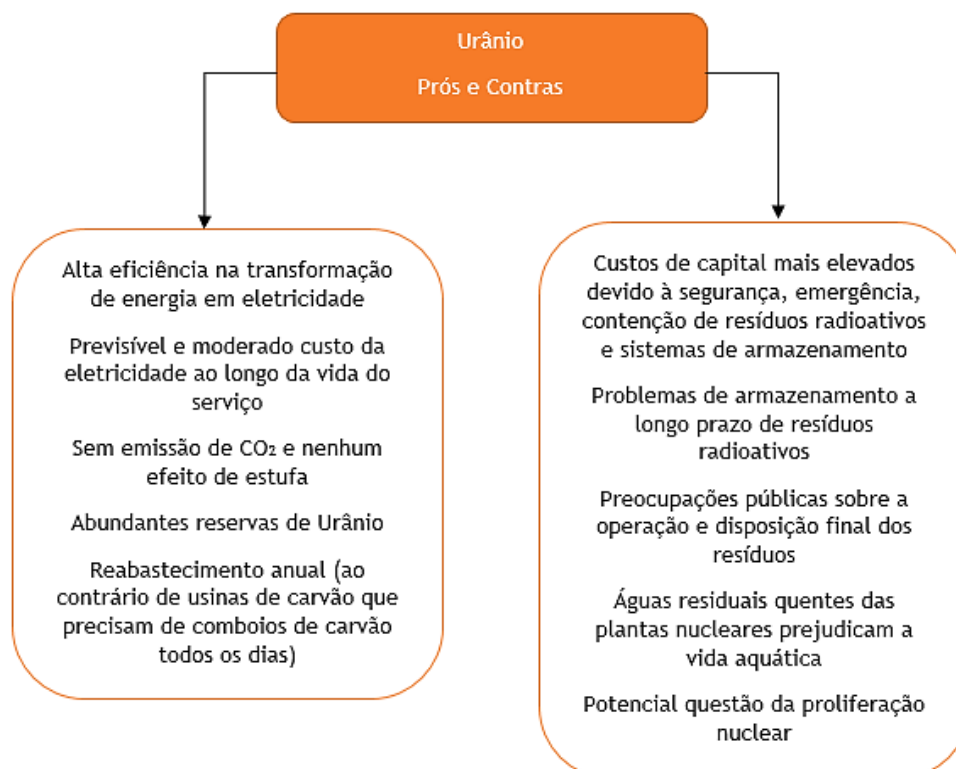
É a principal fonte de combustível para reatores nucleares. A produção de urânio tem estado recentemente em ascensão, após um longo período de declínio, causado pelo excesso de oferta, após o desarmamento nuclear. Com o crescimento dos recursos, estima-se que o urânio

seja suficiente para mais de 100 anos de fornecimento, com base em requisitos anuais. Os custos crescentes de instalações nucleares, bem como os longos tempos de aprovação que são necessários para a construção de uma nova central nuclear, tiveram um impacto negativo sobre esta indústria.

Designa-se por energia nuclear a energia no núcleo de um átomo, sendo que estes são partículas minúsculas que formam tudo no universo. As ligações que mantêm os átomos unidos contêm grandes quantidades de energia, que é libertada em forma de calor, tanto através de processos de fusão nuclear, como de fissão nuclear. Na fusão nuclear, os átomos libertam energia ao combinarem-se ou fundirem-se para formar um átomo maior (isto é o modo como o sol produz energia). Essa fusão cria energia com material menos radioativo, mas é mais difícil controlar a sua reação. A fissão nuclear é o processo de dividir os átomos de urânio, de forma controlada para a geração de energia. Se este processo não fosse controlado com muito cuidado, poderia ocorrer uma explosão atômica.

O processo de fissão libera energia térmica, que é usada para ferver a água no núcleo do reator de uma usina. O vapor assim criado é utilizado para girar uma turbina, gerando eletricidade. Física e química desempenharam um papel importante na descoberta da fissão nuclear e os especialistas destas áreas trabalham atualmente em conjunto com engenheiros, para tornar a energia nuclear possível [2] [3].

Os prós e contras do urânio encontram-se ilustrados na figura 16.



**Figura 16 - Prós e Contras do Urânio**

## Geotérmica



Figura 17 - Energia Geotérmica

A energia geotérmica, ilustrada na figura 17, é a que provém do calor armazenado no núcleo da Terra e do calor do sol que aquece a Terra. Está disponível em locais com atividade vulcânica, em que existe água ou rochas com temperaturas elevadas e também em zonas onde é possível atingir estratos magmáticos. O solo é um bom isolante e armazena o calor em forma de energia, sendo necessária uma turbina para aproveitar esta energia e gerar eletricidade. Nesta, as pás são movidas pelo calor da Terra e também são utilizados tubos, que ocupam grandes áreas, a vários metros de profundidade para aquecer a água que neles circula. Novas tecnologias de perfuração estão a ser pesquisadas e desenvolvidas para captar calor em áreas ainda mais profundas.

A figura 18 ilustra as vantagens e desvantagens da energia geotérmica.

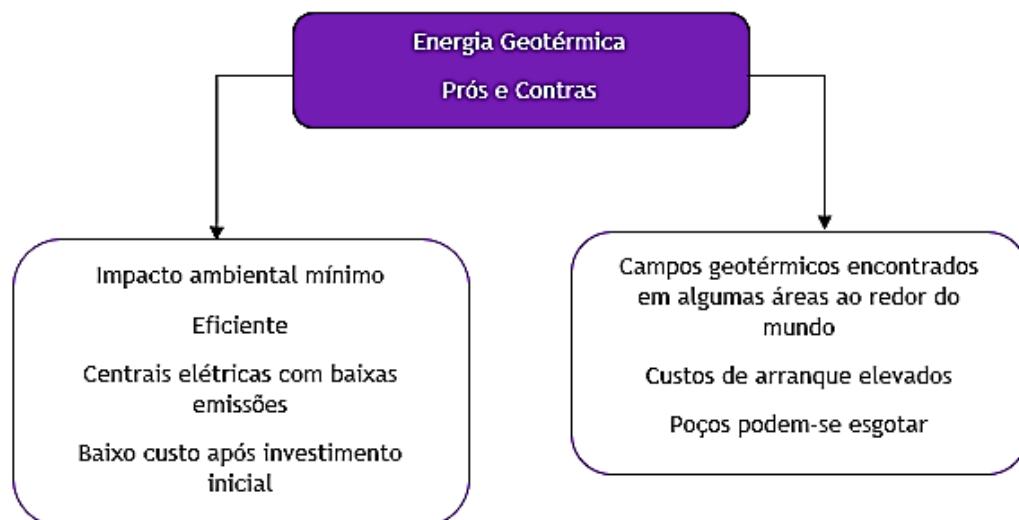


Figura 18 - Prós e Contras da Energia Geotérmica [2] [3]

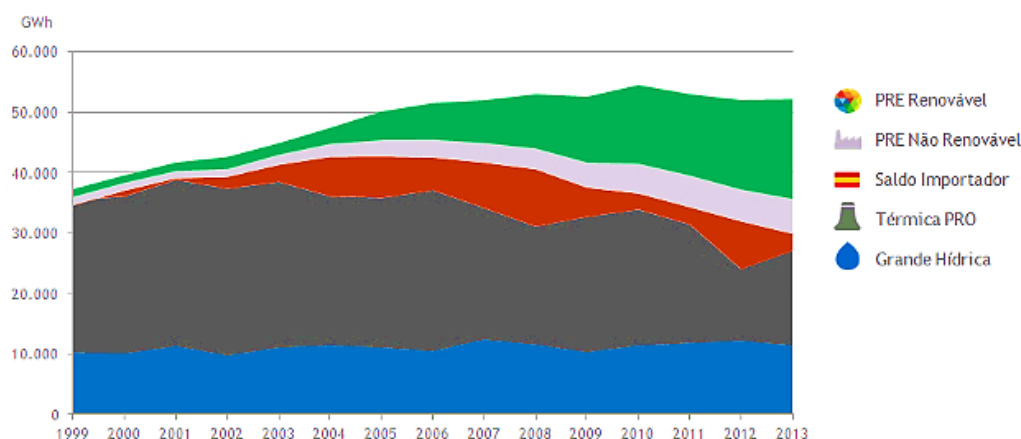
## 2.3 - Produção e Consumo de Energia em Portugal

O consumo de energia tem vindo a aumentar anualmente, tanto em Portugal, como no mundo, verificando-se mesmo um consumo de eletricidade superior ao crescimento económico.

A utilização de energia elétrica, um bem essencial, proporciona bem-estar, o que provoca um aumento do consumo e acarreta consequências para o ambiente.

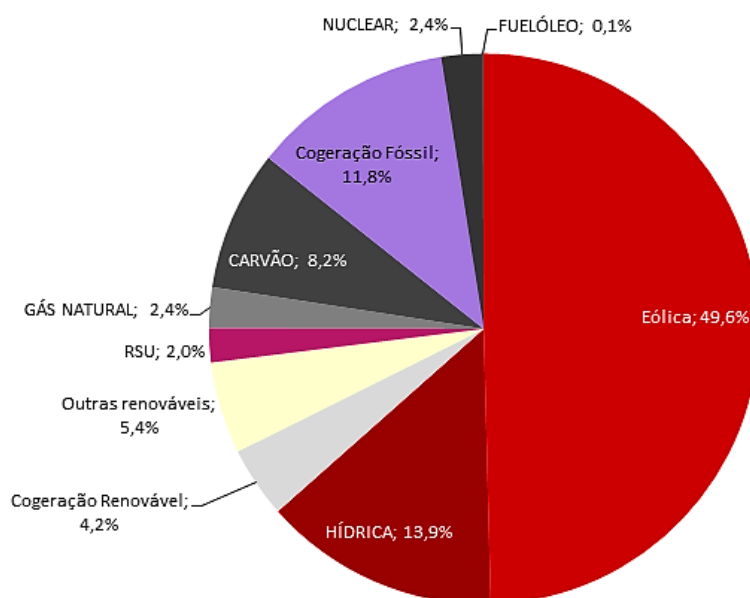
O desafio do século XXI é conseguir preencher a lacuna entre a oferta e a demanda de energia com energia limpa, fiável e barata.

Como pode constatar-se através da figura 19, desde o ano de 1999 até meados de 2010, a capacidade de produção de eletricidade em Portugal foi aumentando e situa-se hoje acima dos 50 GWh.



**Figura 19 - Evolução da Produção de Eletricidade em Portugal entre 1999 e 2013 [5]**

Esta produção de eletricidade teve, no ano de 2013, a repartição pelas diferentes fontes de energia disponíveis no país ou importadas de outros que é indicada na figura 20.



**Figura 20 - Distribuição, por Tecnologia, da Energia Comercializada em Portugal em 2013 pela EDP [6]**

Como se pode observar, grande parte da produção de energia registada em Portugal tem já origem renovável. Apesar disso, ainda é necessária a utilização de combustíveis fósseis, que



continuam a abastecer os nossos carros, a aquecer as nossas casas e a alimentar os nossos equipamentos eletrónicos. Só um consumo individual responsável pode tornar possível a gestão das fontes usadas na produção da energia elétrica. Na verdade, a redução da produção desta pode permitir dar maior relevância ao uso de energias de cariz renovável, em detrimento do tradicional recurso aos combustíveis fósseis, que são poluidores da atmosfera [6].

Passa-se a analisar a evolução mensal da energia consumida por cada uma das fontes de energia, ilustrada na figura 21, de modo a conhecer o seu real impacto ambiental, no caso português.

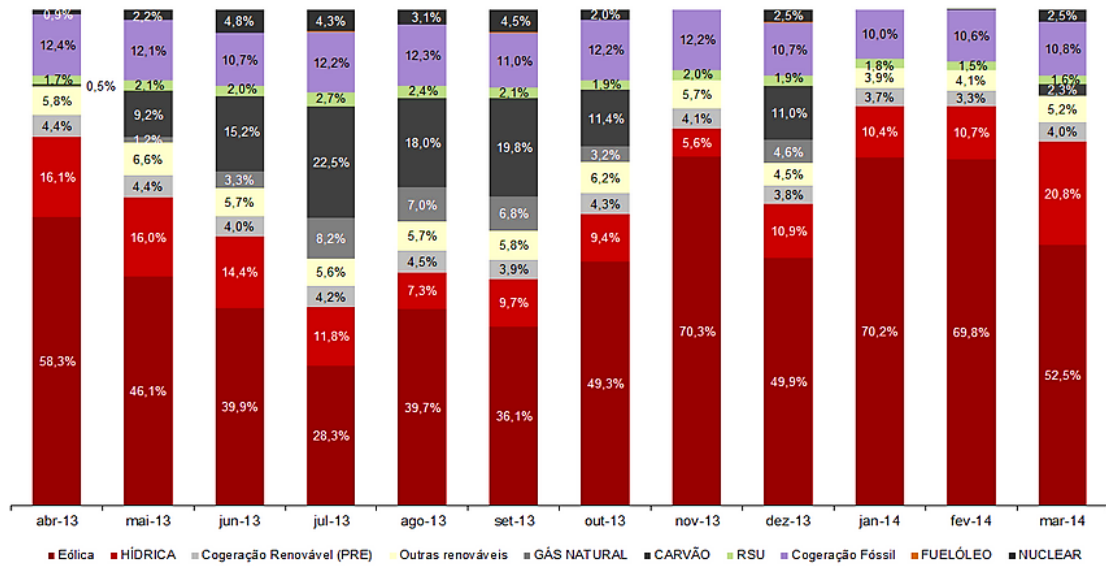


Figura 21 - Evolução Mensal da Energia Elétrica Produzida, Por Tecnologia [6]

Torna-se evidente que a energia eólica representa cerca de metade do consumo final de energia e a maior parte da restante é garantida a partir das fontes convencionais (centrais termoelétricas).

Pode fazer-se uma desagregação do consumo total por serviços / setores, como se observa na figura 22, onde se encontra ilustrado o consumo distribuído pelos demais serviços, de acordo com o *World Energy Resources: 2013 Survey*.

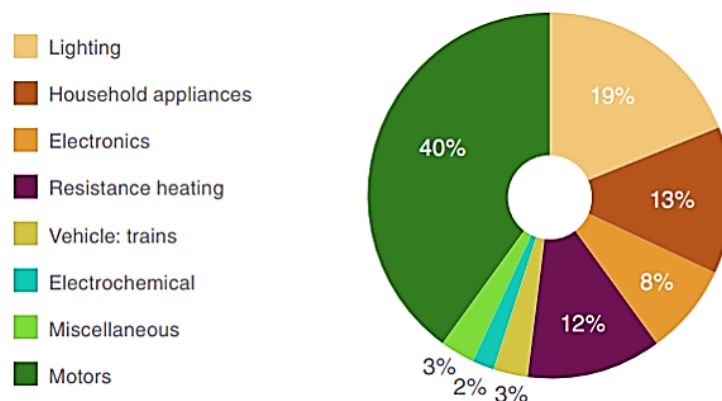


Figura 22 - Utilização Global da Eletricidade Consumida por Tipo de Serviço [3]

Os três setores principais, que consomem cerca de 70% da energia total nos países industrializados, são:

- Motores (40%);
- Iluminação (19%);
- Eletrodomésticos e aparelhos eletrónicos (13%).

É então nestes setores que se pode intervir, de modo a obter maior poupança. No caso específico desta dissertação, será aprofundada a eficiência energética no setor da iluminação no interior de edifícios, com vista à prossecução desse mesmo objetivo.

O conjunto dos países membros da União Europeia tem metas traçadas para chegar ao ano de 2020 nas seguintes condições:

- Mais 20% de energias renováveis no consumo energético global;
- Menos de 20% de emissões de GEE, comparados com os volumes emitidos em 1990;
- Menos 20% de consumo energético, graças ao aumento da eficiência energética.

Estima-se que a população mundial chegue em 2050 a mais de 2,5 mil milhões de pessoas a habitar o planeta, ou seja, vai ser necessária a utilização de mais recursos para abranger toda a população. As metas anteriormente referidas foram traçadas já com esta visão de crescimento populacional futuro, em que serão necessárias mais cidades, mais transportes, mais comunicações, o que requer muito mais energia.

É importante então, não só poupar energia de modo a evitar impactos ambientais nefastos no planeta, mas também produzir mais, o que exige uma revolução no setor energético [7].

## 2.4 - Impacto Ambiental

Apesar de, em Portugal, cerca de metade do consumo ser assegurado por fontes de energia renováveis, a restante parte não o é, sendo a produção assegurada pelas centrais termoelétricas. Estas libertam gases, sendo o principal o CO<sub>2</sub> que é o grande responsável pelo aumento do chamado *efeito de estufa*. Os outros gases presentes são os óxidos de azoto (NO<sub>x</sub>), que podem contribuir para fenómenos de nevoeiro fotoquímico e deposições ácidas, e o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), que pode concorrer para as chuvas ácidas. Ambos são nocivos para a saúde humana e, se forem libertadas partículas junto com o SO<sub>2</sub>, podem também provocar problemas respiratórios. As centrais termoelétricas portuguesas encontram-se já equipadas com tecnologias, nomeadamente dessulfuração, desnitrificação e despoeiramento, que limitam grandemente as emissões de gases.

O aumento do efeito de estufa provoca o aquecimento global da Terra, assim como as chuvas ácidas impactam negativamente em todos os seres vivos (agricultura, florestas, animais e plantas em lagos e rios) e ainda na erosão de monumentos históricos. Com esse aumento eleva-se também o nível do mar, o que provoca a ocorrência de catástrofes naturais, desertificação e ameaça às comunidades e ecossistemas do litoral. Estas alterações climáticas são resultado direto da intervenção humana no meio natural, principalmente após a revolução industrial, em



que se começou a destruir florestas e a fazer a combustão de carvão, petróleo e gás natural. Isso fez aumentar muito a quantidade de CO<sub>2</sub> presente na atmosfera. Para tentar colmatar esta situação, devem ser tomadas medidas, tais como as decididas pela União Europeia para reduzir as emissões de gases que contribuem para o efeito de estufa [6] [8].

No caso de Portugal, podem verificar-se nas figuras 23 e 24, os níveis das emissões de CO<sub>2</sub> e de resíduos radioativos entre os anos de 2011 e 2013.

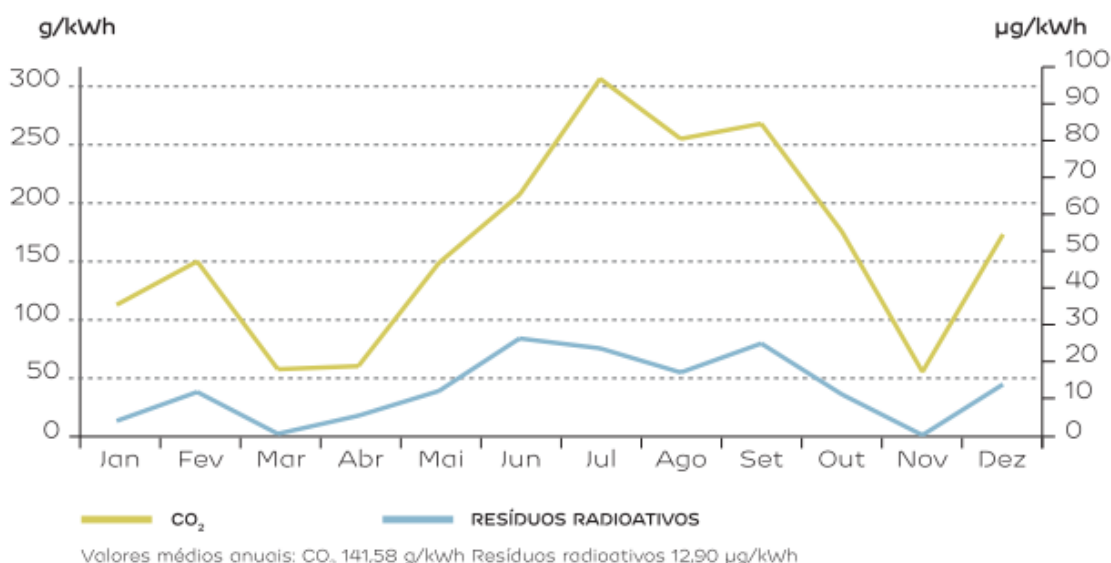
**- Evolução das emissões específicas**

RESUMO	2011	2012	2013	jun-13	jul-13	ago-13	set-13	out-13	nov-13	dez-13	jan-14	fev-14	mar-14	abr-14	mai-14
CO <sub>2</sub> (g/kWh)	238,27	228,61	141,58	207,38	307,38	255,56	268,60	175,58	54,57	173,13	48,06	45,98	70,46	71,66	91,19
Resíduos radioativos (µg/kWh)	26,13	24,69	12,90	25,26	22,69	16,37	23,95	10,65	0,00	13,26	0,00	0,14	13,47	15,99	5,31

**Figura 23 - Emissões Anuais Específicas entre 2011 e 2013 em Portugal [6]**

Analisando a figura 23 pode verificar-se que Portugal tem vindo a reduzir as suas emissões, notando-se uma grande diminuição entre 2012 e 2013, consequência de uma maior utilização de energias de fonte renovável.

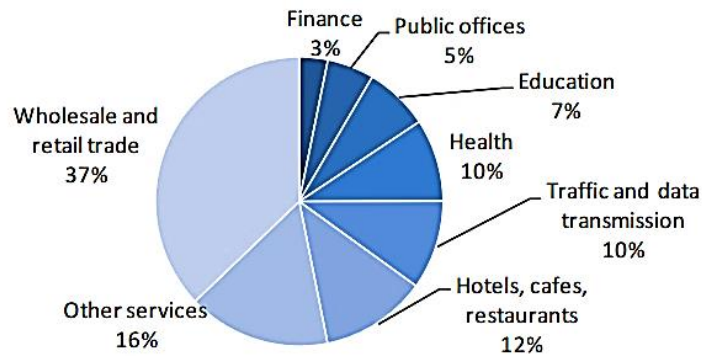
Uma vez que o consumo é variável consoante a estação do ano (devido a mais calor ou mais frio), apresenta-se na figura 24 a evolução anual das emissões de CO<sub>2</sub> e de resíduos radioativos.



**Figura 24 - Evolução Mensal das Emissões Específicas de Portugal em 2013 [9]**

## 2.5 - Setor da Saúde

Os serviços de saúde fazem parte do setor terciário, que constitui um dos setores de atividade económica mais exigentes em termos do consumo energético.



**Figura 25 - Distribuição Global da Energia no Setor Terciário (dados de 2007) [10]**

Estima-se que os serviços e instalações de cuidados de saúde absorvam cerca de 10% da energia total de um país, tal como se pode verificar na figura 25, sendo os hospitais o principal consumidor deste setor. Estes precisam de energia para iluminação, aquecimento, ar condicionado, ventilação e todos os equipamentos e acessórios necessários, tanto para exames e operações, como para consultas e mesmo para o bem-estar dos utentes. Os hospitais são, pois, o principal consumidor deste setor devido principalmente à sua dimensão, mas também ao facto de estarem em funcionamento 24 horas por dia, 7 dias por semana e possuírem necessidades energéticas sofisticadas, para conseguir controlar determinados fluxos de ar e ter sistemas especializados de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC).

Estas instituições têm como objetivos:

- Promover um ambiente mais saudável e produtivo;
- Aumentar a eficiência energética;
- Aumentar a eficiência no uso da água e de outros recursos escassos;
- Reduzir o impacto sobre o meio ambiente;
- Diminuir os resíduos líquidos e sólidos, emissões do edifício e outros impactos negativos da sua operação no ambiente mais amplo.

Os hospitais procuram gerir o consumo de energia sem deixar de alcançar os melhores cuidados ao paciente, bem como o conforto e a segurança e devem fazê-lo da forma mais eficiente possível. Assim, os gestores de saúde devem tomar medidas novas e criativas, que colocam os custos de energia em ordem, tanto para seguirem o que consta nos regulamentos, como para construírem um negócio sustentável. Na figura 26 ilustra-se a distribuição do consumo genérico de energia num hospital e na figura 27 encontram-se os consumos relativos a edifícios de serviços em Portugal constando o tipo de energia utilizado e na figura 28 o tipo de utilização da energia.

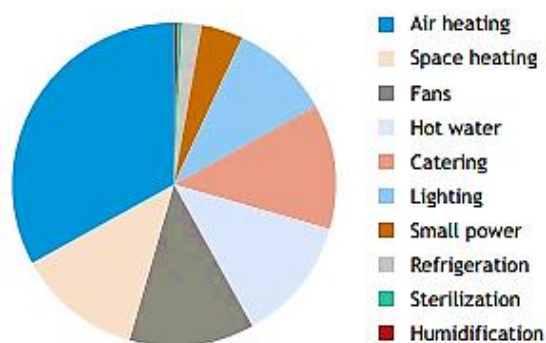


Figura 26 - Desagregação do Consumo de Energia num Hospital Típico [11]

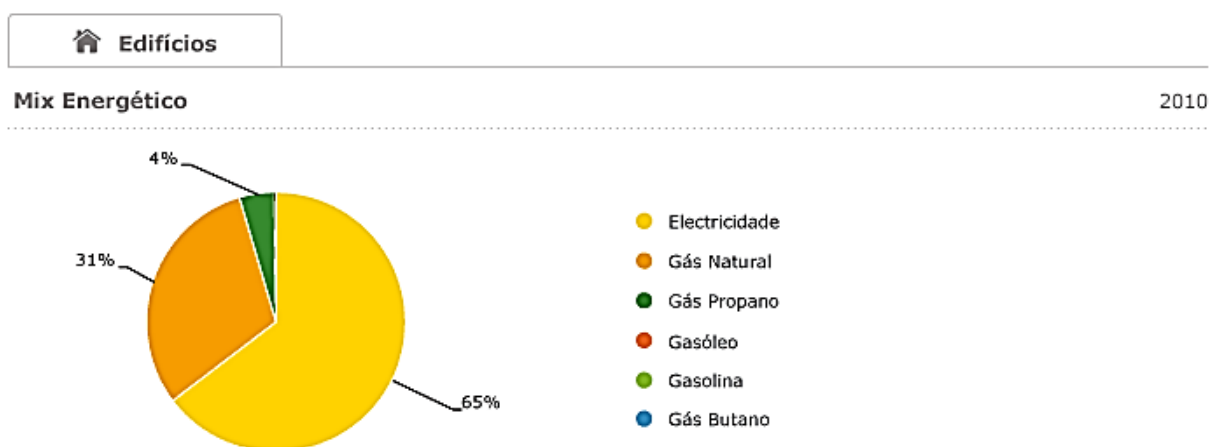


Figura 27 - Fontes de Energia Utilizadas nos Edifícios de Serviços no Ano de 2010 em Portugal [12]

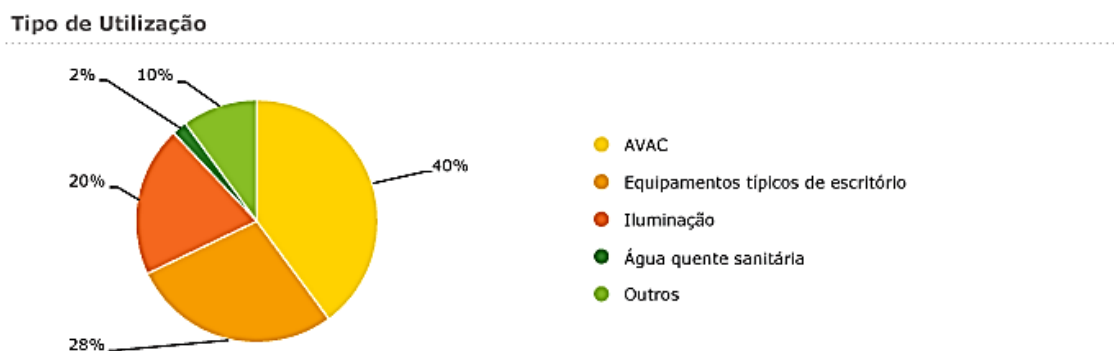


Figura 28 - Tipo de Utilização da Energia nos Edifícios de Serviços no Ano de 2010 em Portugal [12]

Como é simples de verificar, a maior parte da energia consumida num hospital tem origem nos sistemas de AVAC.

O aquecimento pode ser realizado de várias maneiras mas, a mais comum, é sob a forma de caldeiras para o aquecimento de ar ou de água: no caso da água, é distribuída através das canalizações até aos radiadores, que assim vão aquecer o meio onde se encontram; no caso do ar, o aquecimento é realizado por meio de condutas ou tubos.

A ventilação é a forma apropriada de renovação do ar, de modo a remover os elementos poluidores e a controlar a temperatura e esta pode ser realizada de duas formas: natural ou forçada.

O ar condicionado (AC) é o processo de modificação das propriedades do ar para condições mais favoráveis. O ar é modificado (condicionado) especificamente para o espaço físico a que se destina, com o objetivo de melhorar o conforto. Os processos de condicionamento do ar incluem aquecimento, refrigeração, humificação e desumificação.

Os sistemas AVAC têm o objetivo de manter os padrões estabelecidos pelo Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), nomeadamente em relação à Qualidade do Ar interior (QAI).

A falta de QAI no que se refere ao ar condicionado de muitos edifícios, tem vindo a registar um impacto negativo crescente na saúde das pessoas que os frequentam, originando doenças crónicas (alergias respiratórias, cutâneas, etc.) e tendo influência nos seus padrões de comportamento, nomeadamente quanto ao bem-estar e à produtividade. Este é, de facto, um problema de saúde pública, pelo que importa arranjar soluções para o aumento da QAI em benefício das condições dos seus ocupantes. Para que haja garantia devem existir taxas de referência para a renovação do ar, as quais devem ser tidas em consideração na construção dos edifícios, sejam dotados ou não de sistemas mecânicos de ventilação, pois só assim se pode assegurar o cumprimento desses valores em condições médias de funcionamento [13].

Voltando à figura 26 e 28, verifica-se que as restantes fontes de consumo (além do AVAC) estão relacionadas com serviços de restauração, águas quentes, iluminação e equipamentos de escritório / hospitalares. Estima-se que a iluminação possa consumir até cerca de 20% da energia de um hospital [11].

## Capítulo 3

# Iluminação e Eficiência Energética

Este capítulo introduz alguns conceitos gerais sobre iluminação e grandezas luminotécnicas. São abordados os diversos dispositivos, como lâmpadas e luminárias e também seus acessórios, bem como expõe como é feito o comando da iluminação e de que formas esta pode ser medida, indo até ao processo de alienação das lâmpadas.

Menciona a temática da eficiência energética tanto de caráter geral, como aplicada ao setor da iluminação e relaciona-a com o compromisso do bem-estar e segurança.

### 3.1 - Iluminação

#### 3.1.1. Conceitos Gerais

A luz é gerada por uma fonte de radiação que emite ondas eletromagnéticas, produzindo um espectro eletromagnético que varia desde as ondas largas até aos raios cósmicos, tal como é possível observar na figura 29.

O olho é o órgão do sistema visual que faculta ao ser humano a capacidade de perceção da luz e que lhe possibilita captar imagens do ambiente que o rodeia. Este órgão é formado por um agente fotorreceptor (retina) e por um obturador (pupila). As células da retina responsáveis pelo processamento inicial da luminosidade são os fotorreceptores [14].

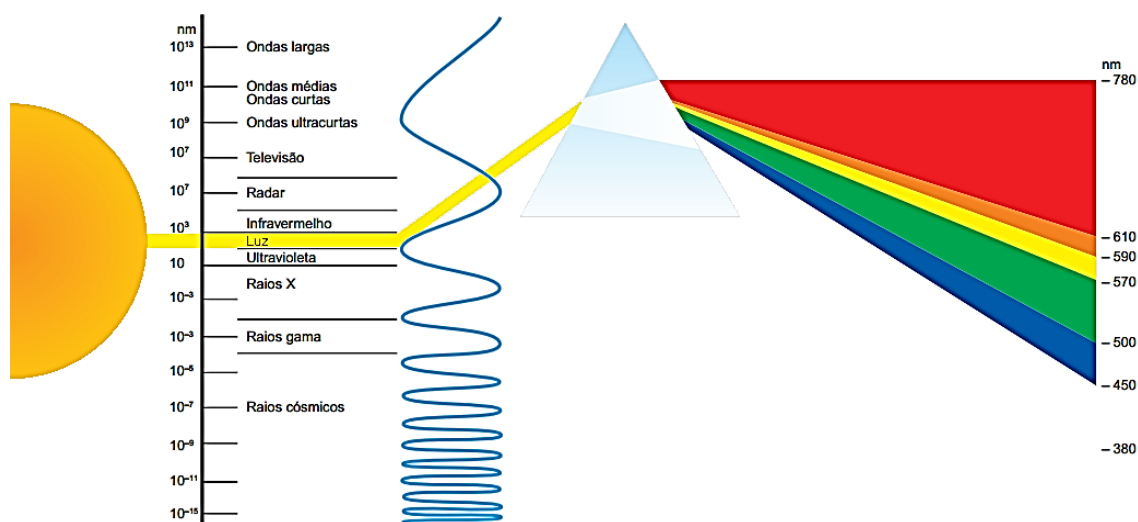


Figura 29 - Espectro Eletromagnético [15]

O que distingue a região de comprimento de onda entre 380-780nm das restantes, é a resposta do sistema visual humano, em que os fotorreceptores da retina conseguem absorver a energia nesta faixa de comprimento de onda e, assim, iniciar o processo de visão. Este intervalo encontra-se, dentro do espectro eletromagnético, entre a radiação ultravioleta e a radiação infravermelha e inclui as cores: violeta, índigo, azul, verde, amarelo, laranja e vermelho [16] [17].

Os fotorreceptores são de dois tipos: cones e bastonetes. Os primeiros estão localizados na região central do campo de visão e são responsáveis pelo reconhecimento de cores e detalhes, estando associados à visão diurna. Os segundos situam-se na periferia do campo de visão e são responsáveis pelo reconhecimento de contrastes, estando associados à visão noturna [14] [18].

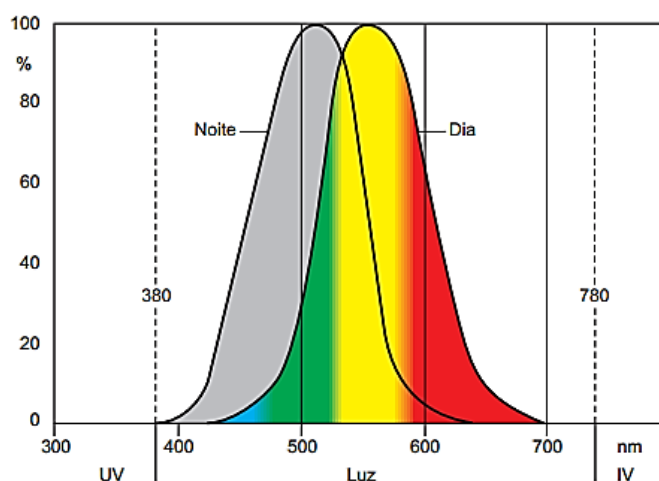


Figura 30 - Espectro Luz Visível [15]

Como se pode observar na figura 30 as ondas com maior comprimento (vermelho) têm maiores níveis de intensidade luminosa durante o dia (quando se verifica a presença de muita luz) e é quando os cones estão ativos (corresponde à linha de Dia na figura). A este fenómeno dá-se o nome de *visão fotópica*. Já as ondas com menor comprimento (azul) apresentam maior

intensidade luminosa com pouca luz e é nessa altura que os bastonetes estão ativos (corresponde à linha de Noite na figura). A este fenómeno dá-se o nome de visão *escotópica*. Ao intervalo entre as curvas de dia e de noite, onde se dá a combinação da visão fotópica com a visão escotópica, dá-se o nome de *visão mesotópica*, na qual a luminosidade é baixa mas ainda é possível fazer-se a distinção de cores [17].

A iluminação pode revestir duas formas: luz natural e/ou luz artificial. A luz natural é proveniente do sol e pode ter origem direta ou indireta. Este tipo de luz é variável ao longo do dia, no que se refere a um conjunto de características: temperatura de cor, mudança de direção e ângulo de incidência da luz solar (consoante a estação do ano, pois pode originar sombras nos imóveis) e ainda dispersão de luz (por exemplo, quando o céu se encontra com nuvens).

É, pois, necessário realizar estudos que contribuam para que o nível de iluminação seja o mais adequado possível e permita às pessoas executarem as tarefas visuais com eficiência e precisão. Para instalações que prestam cuidados de saúde, âmbito deste trabalho, os níveis mínimos de iluminação estão definidos na norma *EN-12464-1:2011 Light and Lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work places*.

À área da engenharia que trata do estudo da iluminação artificial dá-se o nome de luminotecnia. Esta é, pois, o estudo da aplicação da iluminação artificial, através da implementação de um conjunto de técnicas que envolvem dispositivos e equipamentos utilizados para a iluminação correta de espaços.

### 3.1.2. Grandezas Luminotécnicas

#### Fluxo Luminoso

Unidade: lúmen (lm)

Símbolo:  $\phi$



**Figura 31 - Fluxo Luminoso [15]**

*Fluxo Luminoso* é a radiação total da fonte luminosa, entre os limites de comprimento de onda mencionados (380 e 780nm). Uma representação visual encontra-se ilustrada na figura 31. Corresponde à quantidade de luz que é emitida por uma fonte, medida em lúmen, na tensão nominal de funcionamento. A unidade fundamental de medida da radiação eletromagnética

emitida por uma fonte é designada por *fluxo radiante*, que é a taxa de fluxo de energia emitida e é medida em *watts* [15].

O fluxo luminoso é a principal grandeza utilizada para medir a luz e corresponde, assim, ao fluxo radiante multiplicado, comprimento de onda por comprimento de onda, pela relativa sensibilidade espectral do sistema visual humano (entre os limites de comprimento de onda 380nm e 780nm), podendo ser representado pela seguinte equação:

$$\phi = K_m \sum \psi_{\lambda} V_{\lambda} \Delta\lambda, \quad \text{Eq. 1}$$

Em que  $\phi$  é o fluxo luminoso (lúmen);  $\psi_{\lambda}$  é o fluxo radiante num curto intervalo de comprimento de onda  $\Delta\lambda$  (watts);  $V_{\lambda}$  é a função da eficiência luminosa relativa para as condições apresentadas;  $K_m$  é uma constante definida pela CIE (*Comission Internationale de l'Eclairage*) e corresponde a diferentes valores para a visão fotópica e visão escotópica em lúmen/watt.

O fluxo luminoso é utilizado para quantificar a totalidade de luz emitida por uma fonte em todas as direções [16].

### Intensidade Luminosa

Unidade: candela (cd)

Símbolo: I

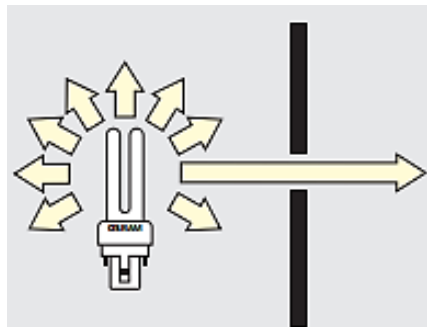


Figura 32 - Intensidade Luminosa [15]

*Intensidade luminosa* (I) é o fluxo luminoso irradiado na direção de um determinado ponto, sendo a sua unidade de medida a *candela* (cd) [1]. Equivale ao quociente entre o fluxo luminoso que sai da fonte luminosa e um ângulo tridimensional obtido pela área dividida pelo quadrado da distância e é medido em *esterradianos* (sr). Uma (1) candela (cd) corresponde a um (1) lúmen/esterradiano (lm/sr) [16] [19].

Se a fonte luminosa irradiasse a luz uniformemente em todas as direções, o fluxo luminoso distribuir-se-ia em forma de esfera. Mas como tal é quase impossível de acontecer, é necessário medir o valor dos lúmen emitidos em cada direção. Essa direção é representada por vetores, cujo comprimento indica a intensidade luminosa.

### Iluminância

Unidade: lux (lúmen/m<sup>2</sup>)

Símbolo: E



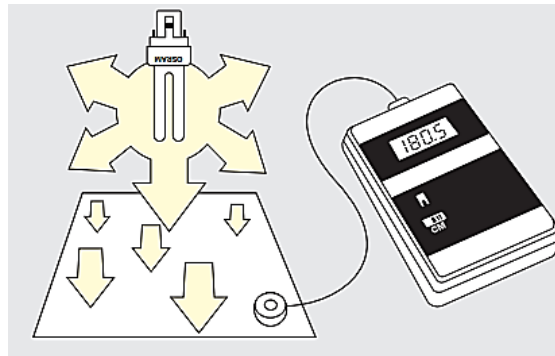


Figura 33 - Iluminância [15]

A *iluminância* é a quantidade de luz incidente (fluxo luminoso) numa determinada superfície (área iluminada) e é medido em *lux* (lúmen/m<sup>2</sup>) [16].

$$E = \frac{\phi}{A}, \quad \text{Eq. 2}$$

Onde E é a iluminância (lux);  $\phi$  é o fluxo luminoso (lúmen); A é a área (m<sup>2</sup>).

No entanto, como o fluxo luminoso não se distribui de modo uniforme, a iluminância é diferente consoante o ponto onde se efetua a medição (que pode ser realizada com recurso a um luxímetro), considerando-se a iluminância média ( $E_m$ ), isto é, um valor médio entre as várias medições efetuadas. Os valores mínimos para a iluminância média estão definidos na norma europeia EN-12464, que especifica os requisitos para locais de trabalho interiores, os quais estão relacionados com o conforto visual e são diferenciados conforme a atividade exercida [20].

### Luminância

Unidade: cd/m<sup>2</sup>

Símbolo: L

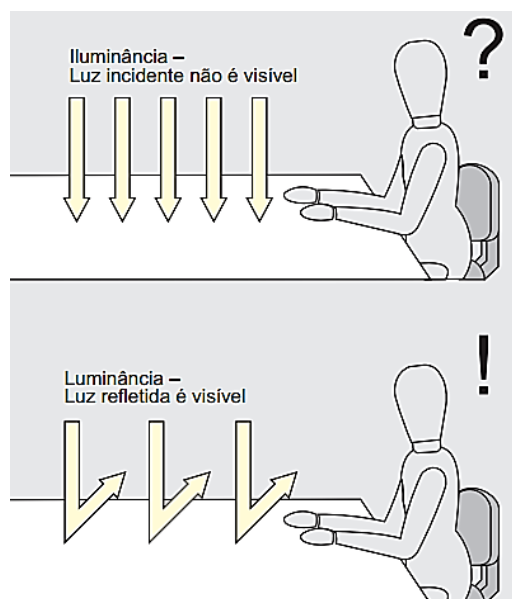


Figura 34 - Luminância [15]

A luminância de uma superfície é a intensidade luminosa emitida por unidade de área projetada por uma superfície numa determinada direção, isto é, a quantidade de luz que é emitida de uma superfície, produzindo uma sensação de claridade que é transmitida ao olho humano, tal como está ilustrado na figura 34 [16] [21].

$$L = \frac{I}{A * \cos(\alpha)}, \quad Eq. 3$$

Onde L é a luminância (cd/m<sup>2</sup>); I é a intensidade luminosa (cd); A é a área projetada (m<sup>2</sup>);  $\alpha$  é o ângulo de incidência (graus).

No entanto, é difícil medir-se a intensidade luminosa que deriva de um corpo não radiante (por reflexão), sendo possível recorrer a outra fórmula:

$$L = \frac{p * E}{\pi}, \quad Eq. 4$$

Onde p é o coeficiente de reflexão; E é a iluminância sobre a superfície.

O coeficiente ou fator de reflexão (refletância) é a relação entre o fluxo luminoso refletido e o fluxo luminoso incidente numa superfície. Esse coeficiente é geralmente dado em tabelas, cujos valores são determinados em função das cores e dos materiais utilizados. Assim, podem existir diferentes luminâncias para a mesma iluminância, uma vez que os objetos refletem a luz de forma diferente. Quanto menor o fator de reflexão, menor também a absorção de luz por parte de determinada superfície. Sendo maior o fator de reflexão, como as superfícies iluminadas vão devolver mais luz, pode haver maior economia na utilização de luz artificial. Este coeficiente toma valores entre 0 e 1 e é um fator essencial a ter em conta num projeto luminotécnico. Geralmente os tetos têm maior coeficiente de reflexão do que as paredes, pois a uniformidade das últimas é menor, devido à possível existência de portas, janelas, etc. Este fator vai depender do tipo de material de que é constituída a sua superfície e também da sua cor [16] [21].

Podem verificar-se nas tabelas seguintes (tabela 1 e tabela 2) diferentes valores exemplificativos dos fatores de reflexão, tanto para cores, como para materiais:

**Tabela 1 - Fator de Reflexão para Diferentes Cores [22]**

<b>Cor</b>	<b>Fator de Reflexão</b>
Branco	70 a 80%
Preto	3 a 7%
Cinzento	20 a 50%
Amarelo	50 a 70%

**Tabela 2 - Fator de Reflexão para Diferentes Materiais [22]**

<b>Material</b>	<b>Fator de Reflexão</b>
Madeira	70 a 80%
Betão	3 a 7%
Tijolo	20 a 50%
Rocha	50 a 70%

Em qualquer aplicação de iluminação, a quantidade de luz necessária é uma decisão-chave que tem de ser tomada. A partir daí é possível descobrir quantas lâmpadas são necessárias de determinadas características. Existem desde lâmpadas com menos de 1 lúmen, até lâmpadas com mais de 200 mil lúmen [16].

Valores muito altos de luminância provocam encadeamento, que é um fenómeno que altera a percepção visual. Este resulta da excessiva diferença de luminosidade (sensação visual segundo o qual um objeto parece emitir mais ou menos luz), por exemplo, focos de luz direcionados para as pessoas encadeiam e impossibilitam a visão. Um outro exemplo é a condução automóvel, onde a causa mais frequente de encadeamento direto é o uso indevido dos faróis máximos. A diminuição do encadeamento é possível com o uso de filtros para os comprimentos de onda da luz azul, em especial filtros polarizados [21] [23].

Passa-se de seguida aos equipamentos utilizados para a criação de luz artificial, referindo em primeiro lugar os dispositivos e de seguida as técnicas utilizadas para a iluminação.

### **3.1.3. Luminária**

É o aparelho que incorpora a fonte de luz (constituída por uma ou mais lâmpadas) e que distribui, filtra ou transforma a luz transmitida por esta. Inclui todas as peças necessárias para fixação e proteção das lâmpadas e também um conjunto (dependendo do tipo da lâmpada utilizada) de equipamentos auxiliares necessários ao correto funcionamento da lâmpada [19] [21].

As luminárias são projetadas para satisfazerem os seguintes requisitos:

- Suporte de ligação da fonte de luz à rede elétrica;
- Proteção a fonte de luz contra danos mecânicos (como humidade, pó, vibrações);
- Controlo da distribuição de luz;
- Eficiência;
- Suporte para as condições de utilização previstas;
- Segurança, se utilizadas de forma correta.

Para corresponder a estes critérios devem ser tomadas algumas medidas quanto aos circuitos de ligação à rede elétrica:

- O circuito elétrico da luminária tem de ser capaz de suportar a corrente elétrica e as temperaturas que são atingidas no seu interior.

- Os fios que compõem esse circuito devem ser cobertos por um material isolante, cujo tipo será escolhido pela sua resistência ao calor para que, não apenas suportem as temperaturas do ar dentro da luminária, mas também as temperaturas à superfície, de componentes com os quais podem entrar em contacto, tais como as lâmpadas.

Quanto à parte mecânica, existem vários tipos de materiais que podem compor a luminária, entre eles: aço, aço inoxidável, folha de alumínio, alumínio, plástico, vidro ou cerâmica, com vista a sustentar os rigores do transporte para o local de instalação e o uso prolongado. As luminárias para utilização exterior devem ser mais resistentes do que as luminárias para uso interior [16].

O controlo da distribuição da luz emitida por uma luminária é obtido através da utilização combinada de refletores, refratores, defletores, difusores de luz e filtros: [16] [24]

- Os refletores aumentam a eficiência da luminária, pois desviam a luz que iria iluminar sítios desnecessários para locais onde será aproveitada, obtendo-se assim uma melhor distribuição de luz.
- Os refratores e filtros também são utilizados para ajudar na distribuição e controlo do fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas, ou desviá-lo para determinadas direções (defletores).
- Os difusores servem para reduzir o ofuscamento ou a quantidade de luz proveniente de determinada direção.

### 3.1.3.1. Tipos de Luminárias

Uma vez que as luminárias têm como um dos seus objetivos principais o controlo da distribuição da luz e dado existirem vários tipos de controlo, as luminárias são divididas também em vários tipos, consoante a sua distribuição de luz, sendo que cada tipo será utilizado para uma situação específica, como se passará a descrever.

#### Luminárias de Luz Direta



Figura 35 - Luminária de Luz Direta [25]

São aquelas em que a distribuição de luz é dirigida predominantemente para baixo (pelo menos, 90% do fluxo luminoso, visível na figura 35). Neste caso, visto que a luz é dirigida numa direção particular, otimiza-se a sua utilização em planos de trabalho. Este tipo de luminárias é

geralmente montado à superfície do teto, mas também podem ser suspensas. A fonte de luz geralmente utilizada é a lâmpada fluorescente. Os problemas mais comuns com a utilização destas luminárias são a criação de zonas de escuridão no teto e a baixa uniformidade de iluminância em espaços obstruídos, o que pode ser resolvido com a escolha de luminárias de luz semidirecta, por possuírem saída de um pouco de luz para cima, como veremos de seguida, ou então pela existência de altos fatores de reflexão no espaço [16] [21] [25].

#### **Luminárias de luz semidireta (difusa)**



**Figura 36 - Luminária de Luz Semidireta [25]**

São aquelas em que a distribuição de luz é dirigida em cerca de 60% a 90% do fluxo luminoso para o plano de trabalho, sendo que o restante é espalhado pelo espaço em redor (visível na figura 36). A distribuição de luz, comparativamente com as luminárias de luz direta, é mais uniforme e apresenta contornos mais suaves [21] [25].

#### **Luminárias de luz mista (direta/indireta)**



**Figura 37 - Luminária de Luz Mista [25]**

Nelas, a distribuição de luz é igualmente dividida (entre 40% e 60%), tanto para baixo, como para cima. As luminárias mistas são habitualmente suspensas abaixo do teto (visível na figura 37).

A eficiência energética de uma instalação de iluminação com luminárias de luz mista (direta/indireta) será maior do que a de uma que use luminárias indiretas e os problemas de tetos escuros e baixa uniformidade de iluminância serão reduzidos pela componente indireta [16].

### Luminárias de luz semi-indireta



**Figura 38 - Luminária de Luz Semi-Indireta [25]**

São aquelas em que 60% a 90% do fluxo luminoso é dirigido para cima (visível na figura 38). A luminária de luz essencialmente indireta tem como objetivo criar um efeito de “luz suave”, mas também espalhar luz para baixo. Uma vez que a maior parte do fluxo luminoso é dirigido para cima, as sombras são suaves e menos marcadas.

### Luminárias de luz indireta



**Figura 39 - Luminária de Luz Indireta [25]**

São luminárias que têm como objetivo criar um efeito de “luz suave”, pelo que a distribuição de luz é predominantemente para cima, podendo ser aplicadas em salas, quartos, escritórios, etc (visível na figura 39). Podem ser suspensas abaixo do teto (exigem um teto limpo e branco para uma operação eficiente, pois este constitui-se como refletor secundário e são mais práticas nos casos em que a altura do teto é superior a 2,75 m), na parede ou então de pé. A fonte de luz habitual em luminárias suspensas indiretas é uma lâmpada fluorescente linear mas, quando montadas numa parede, podem usar lâmpadas de descarga de alta intensidade. Os resultados da sua utilização são a aparência brilhante do espaço, o elevado nível de uniformidade da iluminação e a ausência de desconforto, pois não produzem ofuscamento, eliminando de forma eficaz a fadiga visual [25].

Uma luminária eficiente será a que melhor aproveita o fluxo luminoso emitido pela fonte de luz e o direciona para o local onde é mais necessário e/ou conveniente. A sua eficiência pode ser quantificada pela relação de saída de luz, que quantifica quanto da luz emitida pela fonte emana da luminária, quando comparada com a luz total que sai das fontes de luz que se utilizam

na mesma quando estão a operar fora desta (considerando-se ao ar livre). Este fator mede, pois, não a eficiência da instalação mas a eficiência do equipamento em si, através da quantidade de luz emitida pela fonte que sai da luminária. No entanto, a eficiência da luminária também pode ser alterada através de vários fatores como, por exemplo, a temperatura, visto que todas veem a sua temperatura aumentar quando entram em funcionamento. A temperatura interna de uma luminária pode afetar a eficiência de algumas fontes de luz e da aparelhagem de controlo associada [16].

### 3.1.4. Lâmpadas

É a fonte de emissão de luz que se incorpora na luminária. Produz luz artificial de várias maneiras, consoante o seu tipo, é geralmente de vidro e pode tomar diversas formas. Para caraterizar os diferentes tipos de lâmpadas são utilizados os seguintes parâmetros.

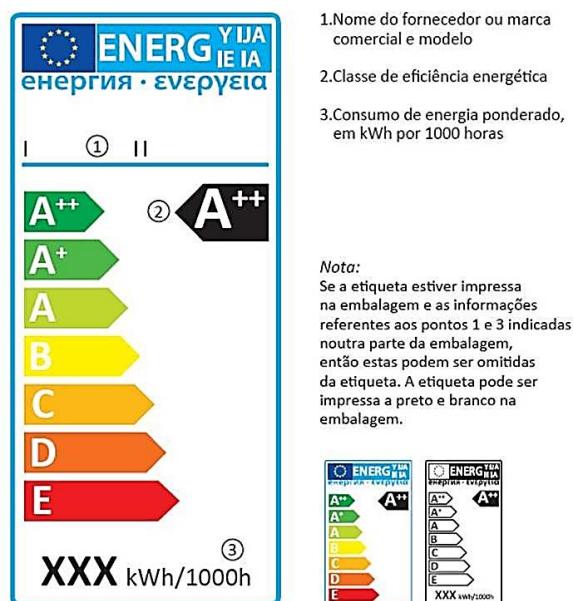
#### 3.1.4.1. Caraterísticas

##### Eficiência Luminosa

Expressa em *lúmen/watt* significa o fluxo luminoso por unidade de potência absorvida. A eficácia luminosa é uma preocupação primordial na escolha de uma lâmpada, pois quanto maior for o fluxo luminoso emitido por esta, para uma mesma ou menor potência, mais eficiente energeticamente vai ser a lâmpada. No caso de existir uma variedade de lâmpadas adequadas para uma mesma instalação, a escolha deve incidir sobre a mais eficaz. No entanto, não basta olhar para a eficácia luminosa de uma lâmpada, uma vez que algumas necessitam de equipamento(s) de controlo e também deve ser contabilizada a energia consumida por esse(s) aparelho(s) de modo a permitir comparações com equipamentos que não os necessitam [16] [21].

##### Classe de Eficiência Energética

Corresponde à classificação de lâmpadas para utilização doméstica em 7 níveis distintos, definidos de acordo com a sua eficácia luminosa. Atualmente, existem as classes A (que distinguem entre A++, A+ e apenas A), B, C, D e E sendo que a A++ é a eficácia luminosa mais elevada e E a mais baixa. Um exemplo de uma etiqueta energética encontra-se na figura 40.



Fonte: Etiqueta Energética – Guia de Bolso (2ª Edição revista e actualizada), Quercus A.N.C.N 2013

**Figura 40 - Etiqueta Energética**

O índice de eficiência energética pode ser calculado com base na diretiva 2010/30/EU da União Europeia. Para o cálculo de um modelo de lâmpada, a sua potência é corrigida para quaisquer tipo de perdas associadas a dispositivos de controlo e comparada com a sua potência de referência. Esta última é obtida a partir do fluxo luminoso útil, que é o fluxo total para lâmpadas não direcionais e fluxo num cone de 90° ou 120° para lâmpadas direcionais [25]. O índice é calculado da seguinte forma e é arredondado a duas casas decimais:

$$EEI = \frac{P_{cor}}{P_{ref}}, \quad Eq. 5$$

Onde EEI (*Energy Efficiency Index*) é o índice de eficiência energética;  $P_{cor}$  é a potência nominal ( $P_N$ ) para os modelos sem equipamento de controlo externo ou a potência nominal ( $P_N$ ) corrigida de acordo com a tabela 3 para modelos com equipamento de controlo externo ;  $P_{ref}$  é a potência de referência. A potência nominal das lâmpadas é medida à tensão nominal de entrada.

**Tabela 3 - Correção de Potência para Modelos com Equipamento de Controlo Externo [25]**

Âmbito de Aplicação	Correção de Potência
Controlo externo em lâmpadas de Halogénio	$P_N \times 1,06$
Controlo externo em lâmpadas LED	$P_N \times 1,10$
Controlo externo em lâmpadas fluorescentes T5 e de 4 pinos	$P_N \times 1,10$
Controlo externo em lâmpadas de descarga de alta intensidade	$P_N \times 1,10$
Controlo externo em lâmpada de sódio de baixa pressão	$P_N \times 1,15$



A potência de referência é obtida a partir do fluxo luminoso útil do modelo ( $\phi$ ) através dos seguintes critérios:

- Para modelos com  $\phi_{\text{útil}} < 1300 \text{ lumen}$ :  $P_{\text{ref}} = 0,88\sqrt{\phi_{\text{útil}}} + 0,049\phi_{\text{útil}}$
- Para modelos com  $\phi_{\text{útil}} > 1300 \text{ lumen}$ :  $P_{\text{ref}} = 0,07341\phi_{\text{útil}}$

O fluxo luminoso útil ( $\phi_{\text{útil}}$ ) é definido de acordo com a tabela 4.

**Tabela 4 - Definição do Fluxo Luminoso Útil [25]**

Cor	Fluxo Luminoso Útil ( $\phi_{\text{útil}}$ )
Lâmpadas não direcionais	Fluxo luminoso total ( $\phi_{\text{útil}}$ )
Lâmpadas direcionais com um ângulo de feixe $\geq 90^\circ$ exceto lâmpadas de incandescência	Fluxo luminoso nominal num cone de $120^\circ$ ( $\phi_{120}$ )
Outras lâmpadas direcionais	Fluxo luminoso nominal num cone de $90^\circ$ ( $\phi_{90}$ )

### Temperatura de Cor

É medida em *graus Kelvin* (K) e relaciona-se com a tonalidade da cor emitida pela fonte de luz. Este conceito não se relaciona com a eficácia luminosa da lâmpada. A classificação da temperatura de cor encontra-se na tabela 5.

**Tabela 5 - Classificação de Temperatura de Cor [21]**

Cor	Temperatura de Cor
Branco Quente	Inferior a 3300 K
Branco Neutro	Entre 3300 K e 5000 K
Luz Fria	Superior a 5000 K

Quanto mais elevada for a temperatura de cor em Kelvin, mais fria vai parecer a luz emitida pela fonte, isto é, vai ser uma luz mais branca/clara. Este tipo de tonalidade é utilizado geralmente em áreas de trabalho onde é necessário algum estímulo para realização de algum tipo de tarefa ou trabalho. Quanto mais baixa for a temperatura de cor em Kelvin, mais quente e amarelada vai ser a luz emitida. Este tipo de tonalidade é mais utilizado em locais que necessitam de um ambiente mais descontraído. Existem valores recomendados dentro destas gamas de temperatura de cor, dependendo da aplicação que vai ser dada ao espaço a iluminar [15] [21].

### Índice de Restituição de Cores (IRC)

O IRC, ou índice de reprodução cromática, normalmente denominado por *Ra* é uma escala qualitativa que reflete a variação de cor dos objetos iluminados consoante as diferentes fontes

de luz, ou seja, quantifica a capacidade do efeito da radiação emitida por determinada fonte de luz sobre qualquer objeto, relacionando-se apenas com o aspeto cromático deste. O IRC varia entre 0 e 100, em que 100 é o melhor desempenho possível, isto é, a melhor reprodução de cores possível através de uma fonte de luz artificial. Verifica-se na tabela 6, a relação IRC - qualidade da cor restituída [15] [21].

**Tabela 6 - Restituição de Cores**

<i>Ra</i>	Restituição da verdadeira Cor do Objeto Iluminado
Menor que 60	Pobre
Entre 60 e 80	Boa
Entre 80 e 90	Muito Boa
Entre 90 e 100	Excelente

### Duração Média de Vida

É a duração média, em horas, que uma lâmpada deve operar estando em funcionamento em condições normais. Cada tipo de lâmpada possui uma vida útil diferente. A duração média de vida pode ser reduzida caso esta não esteja a funcionar em condições ditas normais, que têm a ver com os seguintes aspetos: tensão de alimentação, frequência da rede, temperatura ambiente ou presença (ou não) de vibrações.

### Tipo de Casquilho

O casquilho é a parte da lâmpada que permite a sua fixação à luminária, geralmente através de enroscamento, de modo a poder receber as ligações elétricas necessárias para o funcionamento da lâmpada. Existem vários padrões de casquilhos para diferentes lâmpadas que são designados por códigos próprios (geralmente uma letra e depois um número que significa o tipo de casquilho e o seu diâmetro). Na figura 31 são mostrados alguns tipos de casquilhos de lâmpadas de utilização comum com os seus respetivos códigos [21].



**Figura 41 - Tipos de Casquilhos [26]**

Os casquilhos E27 e E14 são considerados os casquilhos tradicionais. Estes foram desenvolvidos por Thomas Edison e recebem o nome de parafuso de Edison. Os casquilhos do tipo GU10 e GU53 são de um formato especial, por exemplo para focos [26].

### 3.1.4.2. Classificação das Lâmpadas

Existe uma larga variedade de tipos distintos de lâmpadas, pelo que procuraremos descrever apenas os aspetos mais relevantes de cada um.

Dividem-se principalmente em dois grandes grupos que são:

- Lâmpadas de filamento incandescente

Nestas, a luz é produzida através da incandescência de um filamento de tungsténio pela passagem de corrente elétrica. São lâmpadas de baixa eficiência pois, além de produzirem luz, a maior parte da potência absorvida é transformada em calor. Dentro deste grupo de lâmpadas existem dois tipos que são distinguíveis pelo gás onde o filamento é inserido. São as lâmpadas incandescentes (convencionais) em que o gás utilizado é o azoto, árgon ou cripton e as lâmpadas de halogénio, em que este componente é adicionado ao gás das lâmpadas [21].

- Lâmpadas de descarga

Este tipo de lâmpadas é geralmente constituído por um tubo, no qual se dá a descarga entre os elétrodo. A luz é produzida através da condução de corrente elétrica num meio gasoso quando, entre os seus elétrodo, se forma uma tensão elevada, capaz de vencer a rigidez elétrica do meio, dando-se uma descarga elétrica entre os dois, a qual produz a excitação dos eletrões [21].

Dependendo da pressão a que o gás vai ser submetido, temos dois grupos de lâmpadas e, dentro de cada um destes, outra classificação consoante a natureza do gás:

- Lâmpadas de descarga de baixa pressão:
  - Lâmpadas fluorescentes (lineares ou tubulares);
  - Lâmpadas fluorescentes compactas;
  - Lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão.
- Lâmpadas de descarga de alta pressão:
  - Lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão;
  - Lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão;
  - Lâmpadas de iodetos metálicos (vapor de mercúrio com iodetos metálicos).

Neste capítulo também se vai falar de outro tipo de tecnologias, mais recentes, que são as lâmpadas de indução e lâmpadas do tipo LED. Realizaremos de seguida uma comparação entre os tipos de lâmpadas referidos quanto à sua eficiência, tempo de vida e outras características relevantes. Também será referido o princípio de funcionamento de cada uma e as suas principais aplicações.

## Incandescentes



**Figura 42 - Lâmpada Incandescente**

São as lâmpadas mais utilizadas como fonte de iluminação doméstica (figura 42), desde o século XIX. A versão que começou por ser comercializada em 1879 foi criada por Thomas Edison e possuía um filamento de carbono. Com a evolução da tecnologia, a empresa *Tungstam* introduziu o filamento de tungsténio, que é o que tem vindo a ser utilizado neste tipo de lâmpadas [27].

O princípio de funcionamento destas lâmpadas pode parecer simples, por necessitar apenas de aquecer e manter o filamento da lâmpada a uma temperatura elevada (por vezes superior a 2000° C) para emitir luz. No entanto, a tecnologia necessária para o fazer, mantendo níveis apropriados de luz, é bem mais complexa.

A luz forma-se quando a corrente elétrica passa pelo filamento e os eletrões chocam com os átomos de tungsténio, libertando-se assim energia em forma de luz e de calor. O filamento é composto por tungsténio e é inserido dentro de uma ampola de vidro que é preenchida com um gás. O projeto do filamento é crítico para as condições a que a lâmpada vai funcionar. O seu comprimento é determinado pela tensão a que vai estar sujeito e a sua espessura vai ser determinada pela corrente da lâmpada. O filamento é também enrolado em forma espiral de modo a obter um aumento de rendimento, pois permite, além de reduzir o seu comprimento, reduzir também a superfície de contacto com o gás, o que vai diminuir as perdas de calor por condução e convecção. A presença do gás no interior da lâmpada prende-se com o facto de reduzir a taxa de evaporação do tungsténio, significando assim que a lâmpada vai ter maior duração de vida. Os gases nobres são os normalmente utilizados, nomeadamente azoto ou árgon, pois também ajudam a minimizar as perdas (por emissão de calor) do filamento. O cripton seria o gás que menos perda iria ter e, consequentemente daria melhor rendimento mas, devido ao seu custo, é apenas utilizado em lâmpadas especiais [16] [21] [28] [29].

Na tabela 7 encontra-se representado um resumo com as características gerais para as lâmpadas incandescentes.

Tabela 7 - Características Gerais das Lâmpadas Incandescentes [16]

<i>Caraterísticas</i>	<i>Lâmpadas Incandescentes</i>
Fluxo Luminoso (lm)	5 - 12000
Potência (W)	1 - 1000
Eficiência Luminosa (lm/W)	8 - 14
Classe de Eficiência Energética	E
Temperatura de Cor (K)	2500 - 2700
IRC	100
Duração Média de Vida (h)	1000
Tempo de Acendimento	Instantâneo

As lâmpadas incandescentes são aquelas com duração média de vida menor (1000h) e também as menos eficazes, uma vez que apenas cerca de 5% da energia é aproveitada sob a forma de luz, enquanto que os restantes 95% são desperdiçados sob a forma de calor. Apresentam, porém, algumas vantagens, como o baixo custo de aquisição e a possibilidade de regulação do seu fluxo luminoso, sem ser preciso recorrer a sistemas de controlo dispendiosos, bem como o seu acendimento imediato [21].

Na figura 43 podem-se observar as diferentes formas que este tipo de lâmpadas pode tomar.

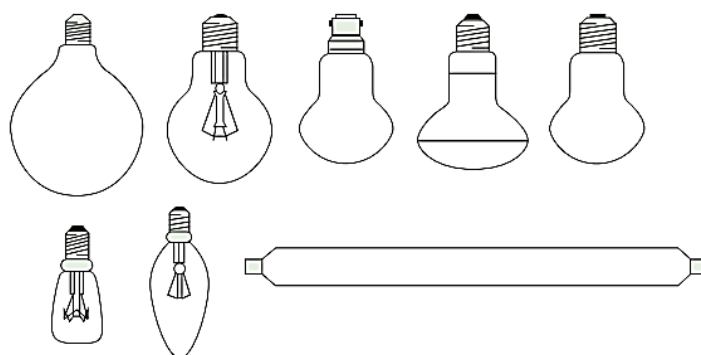


Figura 43 - Formas das Lâmpadas Incandescentes [16]

Devido à elevada ineficiência destas lâmpadas, a União Europeia homologou uma diretiva com o objetivo de retirar estas lâmpadas do mercado com um calendário estipulado entre 2009 e 2012 e que se encontra representada na tabela 8.

Tabela 8 - Data de Proibição das Lâmpadas Incandescentes

<i>Lâmpadas Incandescentes</i>	<i>Data de Proibição</i>
Acima de 80 W	1 de Setembro de 2009
Acima de 65 W	1 de Setembro de 2010
Acima de 45 W	1 de Setembro de 2011
Acima de 7 W	1 de Setembro de 2012

Na verdade, a baixa eficácia deste tipo de lâmpadas nunca foi muito valorizada e também a sua curta duração de vida não foi posta em causa, dado o seu baixo preço. Ou seja, ao longo do tempo, a diversidade de vantagens decorrente da sua utilização foi superando os aspetos negativos. Mas, de alguns anos a esta parte - quando se começou a falar mais em economia de energia - foi *declarada guerra* às lâmpadas incandescentes, tendo surgido inúmeras campanhas institucionais e comerciais de substituição das mesmas por lâmpadas mais eficientes (figura 44). Desta forma, conseguiu-se motivar as pessoas, a nível nacional, a trocarem muitas lâmpadas incandescentes por outras mais eficientes, com menores custos ou mesmo de forma gratuita [27] [30].



Figura 44 - Campanha de Troca de Lâmpadas

### Halogénio



Figura 45 - Lâmpada de Halogénio

Este tipo de lâmpadas (figura 45) surgiu devido às limitações que as lâmpadas incandescentes têm quanto à eficiência luminosa e dimensões físicas. Tal como as incandescentes, as lâmpadas de halogénio possuem um filamento de tungsténio e tem o mesmo princípio de funcionamento. O problema reside no facto de se querer aumentar o seu rendimento luminoso, o que vai ter

como consequência o aumento da taxa de enegrecimento do vidro, que é resultado da evaporação do tungstênio. Com a adição de halogéneo é possível reduzir a taxa de enegrecimento do vidro, o que vai possibilitar reduzir o tamanho da lâmpada, aumentar a pressão do gás e desta forma limitar as perdas, ou seja, o gás e o halogéneo vão capturar os átomos de tungstênio e devolvê-los ao filamento, em vez de se depositarem na superfície da ampola de vidro. Para este processo ser eficiente, é necessário que a lâmpada funcione a uma temperatura superior a 250° C e, para isso, esta tem de ser feita a partir de vidro duro ou quartzo. É possível assim aumentar a eficiência luminosa da lâmpada e aumentar o seu tempo de vida útil com uma redução do tamanho da lâmpada [16] [21] [28].

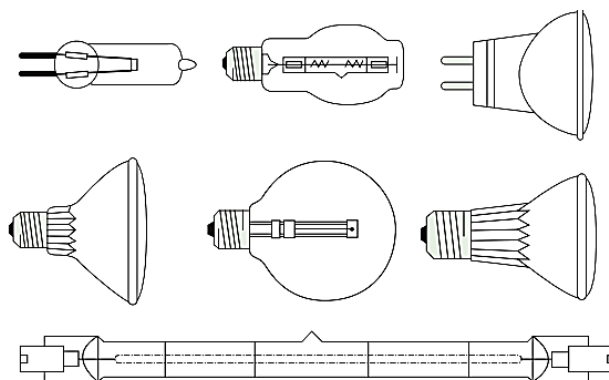
Apresenta-se na tabela 9 um resumo com as características gerais das lâmpadas de halogénio:

**Tabela 9 - Características Gerais das Lâmpadas de Halogénio [16]**

<i><b>Caraterísticas</b></i>	<b>Lâmpadas de Halogénio</b>
Fluxo Luminoso (lm)	40 - 50000
Potência (W)	4 - 2000
Eficiência Luminosa (lm/W)	15 - 25
Classe de Eficiência Energética	B - C
Temperatura de Cor (K)	2700 - 3200
IRC	100
Duração Média de Vida (h)	2000
Tempo de Acendimento	Instantâneo

Em comparação com as lâmpadas de incandescência, as lâmpadas de halogéneo, para além de possuírem uma maior duração média de vida, conseguem irradiar mais luz a menor ou igual potência, sendo assim mais eficientes e também mais compactas (menor tamanho). Estas lâmpadas possuem um IRC de 100 (nível mais alto que se pode atingir na escala), o que significa que têm a mais alta capacidade de reproduzir as cores da melhor forma, entre todos os tipos de lâmpadas para iluminação artificial, o que faz com que sejam muito utilizadas ao nível do cinema e fotografia, mas também em decoração e em exposições e monumentos. Devido ao tamanho compacto que podem possuir, são também utilizadas em faróis de automóveis [21] [28].

A figura 46 ilustra as formas que estas lâmpadas podem tomar:



**Figura 46 - Formas das Lâmpadas de Halogénio [16]**

Apesar terem melhores características do que as incandescentes, tem de se ter em atenção que não são os dois únicos tipos de lâmpadas que existem e, após termos caracterizado com alguma profundidade as lâmpadas de filamento incandescente, passaremos de seguida às lâmpadas de descarga, nomeadamente de baixa pressão.

### Fluorescentes



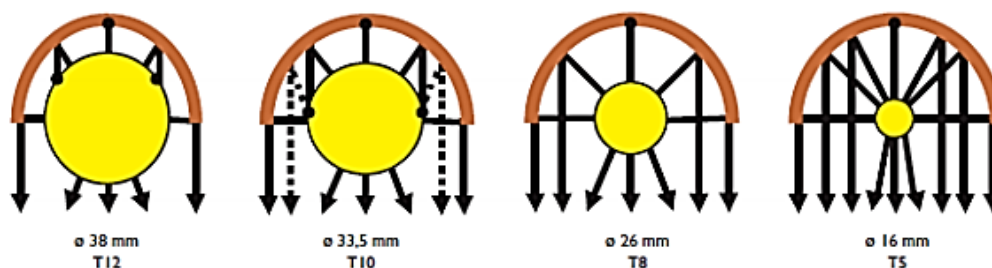
**Figura 47 - Lâmpada Fluorescente Tubular (à esquerda) e Lâmpada Fluorescente Compacta (à direita)**

São o tipo de lâmpada mais utilizado nesta categoria e são de vapor de mercúrio de baixa pressão. A sua forma original foi um tubo longo e reto (lâmpadas fluorescentes tubulares ou lineares) mas, com o desenvolvimento da tecnologia, passaram a existir também as chamadas lâmpadas fluorescentes compactas (LFC) em que o tubo é dobrado. Este tipo de lâmpadas funciona através da geração de radiação ultravioleta, que é convertida em luz visível através de uma substância fluorescente que compõe uma camada de fósforo, a qual reveste a parte interior do tubo da lâmpada. A radiação ultravioleta é gerada através da passagem da corrente elétrica pelo vapor de mercúrio, devido à descarga que se origina dentro do tubo. A camada de fósforo é uma substância fluorescente que transforma a radiação ultravioleta produzida pela lâmpada em luz visível, através do fenómeno de fluorescência. A lâmpada é preenchida com gás, que incorpora dois componentes: uma mistura de gás nobre e o vapor de mercúrio. O gás nobre tem a função de controlar a descarga, reduzir a velocidade com que o revestimento de fósforo evapora, prolongando o tempo de vida da lâmpada e tornando o seu arranque mais fácil, pois reduz a sua tensão de rutura. Para facilitar o arranque das lâmpadas fluorescentes, os elétrodo têm forma de filamentos revestidos com um óxido metálico (material emissor) o



que facilita a libertação de eletrões, sendo pré-aquecidos no período de arranque. A lâmpada arranca quando a tensão é aplicada. A corrente elétrica necessária à descarga tem de ser limitada por dispositivos de controlo, de modo a que a lâmpada funcione num regime estável. A estes dispositivos dá-se o nome de balastos e podem ser de tipo ferromagnético ou eletrónico. Desta forma consegue-se utilizar a lâmpada em alta frequência, o que significa que vai funcionar mais eficientemente e também ajuda a reduzir a cintilação na lâmpada. A desvantagem da utilização destes dispositivos (balastos) é que contribuem para o aumento do consumo de energia do conjunto lâmpada/balastro, embora os de tipo ferromagnético consumam muito mais energia do que os de tipo eletrónico. Este tipo de lâmpadas é otimizado para funcionar a uma temperatura ambiente de 25° C [16] [21] [29].

Tal como já foi referido, no grupo das lâmpadas fluorescentes temos as tubulares e as compactas, estando disponíveis numa vasta gama de tamanhos e formas. As lâmpadas tubulares são classificadas de acordo com os diâmetros representados na figura 48.



**Figura 48 - Diâmetro e Classificação das Lâmpadas Fluorescentes Tubulares**

O decréscimo do diâmetro com a evolução da tecnologia possibilitou a que estas lâmpadas permitissem um maior rendimento da luminária. Dentro de cada uma destas gamas existem lâmpadas com variados comprimentos e potências. As gamas da potência e restantes características gerais destas lâmpadas encontram-se representadas na tabela 10.

**Tabela 10 - Características Gerais das Lâmpadas Fluorescentes Tubulares [16]**

<i>Caraterísticas</i>	<b>Lâmpadas Fluorescentes Tubulares</b>
Fluxo Luminoso (lm)	120 - 10500
Potência (W)	6 - 140
Eficiência Luminosa (lm/W)	20 - 96
Classe de Eficiência Energética	A - B
Temperatura de Cor (K)	2700 - 17000
IRC	50 - 98
Duração Média de Vida (h)	8000 - 19000
Tempo de Acendimento	30 seg.

Como se pode verificar, estas lâmpadas apresentam uma elevada eficácia luminosa e duração média de vida. Apesar disso, devido à sua forma tubular, emanam uma luz mais difusa e menos direcional, razão pela qual são bastante utilizadas em espaços grandes tais como comércio, edifícios públicos e até mesmo em habitações (geralmente nas cozinhas). Têm também uma vasta variedade de cores, pois podem emitir luz “mais fria” ou “mais quente” consoante o espaço para que estão destinadas. Essa variedade de cor é obtida através de alteração da composição química do fósforo, que se encontra presente no seio da lâmpada [21] [29].

Existem ainda os Ecotubos que são a constituição de um balastro eletrónico do tipo A2 com uma lâmpada fluorescente do tipo T5 que pode ser instalado em armaduras de lâmpadas fluorescente T8, apenas com a sua substituição. É necessário apenas retirar o arrancador de modo a desativar o balastro convencional e o Ecotubo encaixa nos suportes da lâmpada T8 [32]. Ainda dentro das lâmpadas fluorescentes existem as LFC, cujo princípio de funcionamento é o mesmo, apenas com a diferença que, em vez de utilizarem um tubo comprido e reto, utilizam um (ou mais) tubo, dobrado sobre si mesmo, que tem a capacidade de reduzir o tamanho destas lâmpadas para o equivalente às lâmpadas do tipo filamento incandescente. Possuem também a conveniência de poderem ser montadas nos mesmos casquilhos que as lâmpadas de tipo filamento incandescente, tendo capacidade para produzir a mesma luz, com uma duração média de vida muito superior e ainda uma poupança no consumo de energia de cerca de 20% [21].

Apresentam-se na tabela 11 as características gerais de uma LFC.

**Tabela 11 - Características Gerais das Lâmpadas Fluorescentes Compactas [16]**

<i>Caraterísticas</i>	<i>Lâmpadas Fluorescentes Compactas</i>
Fluxo Luminoso (lm)	250 - 9000
Potência (W)	8 - 120
Eficiência Luminosa (lm/W)	30 - 70
Classe de Eficiência Energética	A - B
Temperatura de Cor (K)	2700 - 6500
IRC	85 - 90
Duração Média de Vida (h)	15000
Tempo de Acendimento	15 - 90 seg.

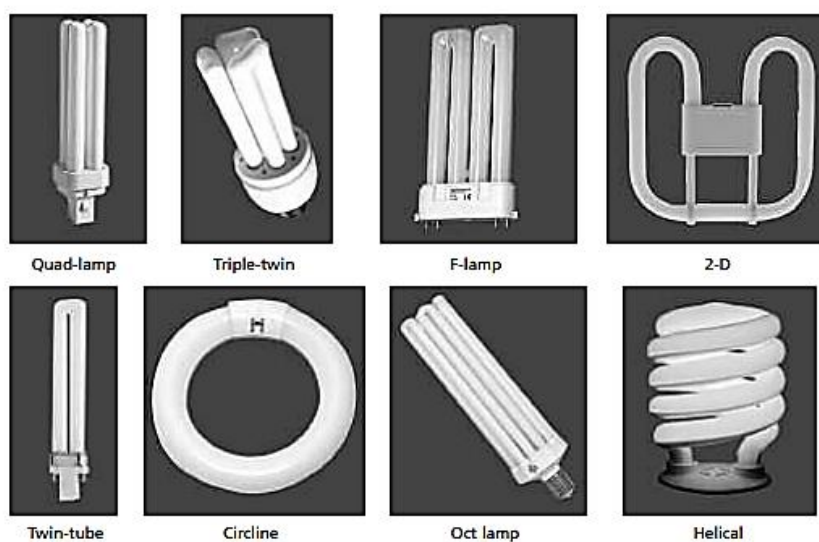
Estas lâmpadas são menos eficientes do que as lâmpadas fluorescentes tubulares, devido à sua dimensão mas, por outro lado, são mais adequadas para muitas situações em que é necessária uma lâmpada menor. Estão também disponíveis numa vasta gama de cores, têm vários formatos e potências e podem possuir balastro incorporado (geralmente eletrónico) ou em separado [16] [21].

Na tabela 12 pode ver-se uma comparação entre as lâmpadas incandescentes e as LFC, quanto à potência absorvida para a situação em que produzem a mesma quantidade de luz.

**Tabela 12 - Comparação de Potência Absorvida para Produção da mesma Quantidade de Luz entre Lâmpadas Incandescentes e Lâmpadas Fluorescentes Compactas [31]**

Lâmpadas Incandescentes	Lâmpadas Fluorescentes Compactas
25 W	6 W
40 W	8 - 11 W
60 W	13 - 18 W
100 W	20 - 25 W

Tal como foi já referido anteriormente, este tipo de lâmpadas existe numa vasta variedade de formas, estando as mais comuns ilustradas na figura 49.



**Figura 49 - Formas das Lâmpadas Fluorescentes [16]**

#### Vapor de Sódio de Baixa Pressão



**Figura 50 - Lâmpada de Vapor de Sódio de Baixa Pressão**

Este tipo de lâmpadas é muito similar às fluorescentes compactas, uma vez que ambas são de baixa pressão, sendo construídas e funcionando de maneira equivalente (figura 50). A principal diferença entre estes dois tipos de lâmpadas é a utilização de sódio para a descarga, em vez de mercúrio. As diferenças chave estão na necessidade da lâmpada de vapor de sódio de baixa pressão ter uma temperatura de funcionamento muito elevada para manter a pressão do vapor de sódio aliada com a necessidade de conter o metal de sódio que é muito reativo e o facto de o sódio emitir a luz no espectro do visível, em vez da gama de frequências ultravioleta (como as fluorescentes), pelo que não necessita da camada de fósforo. Estas são lâmpadas em forma de tubo mas, atualmente, a lâmpada tubo em forma de U (arco) é a mais comum. A mistura de gás presente no seu interior é constituída por néon e cerca de 1% de árgon. A utilização desta mistura deve-se ao facto de possuir uma muito menor tensão de rutura o que faz com que o arranque seja muito mais fácil. No entanto, o arranque deste tipo de lâmpadas é mais difícil do que o das lâmpadas fluorescentes, uma vez que o estado sólido do sódio não produz o vapor metálico à temperatura ambiente e o arranque apenas pode acontecer quando a descarga, na mistura de gás, produzir calor suficiente para vaporizar o sódio. Assim, as lâmpadas de vapor de sódio de baixa tensão precisam de uma tensão de arranque elevada, que é necessária para criar um arco de descarga que lentamente aquece a lâmpada no tubo de descarga; a pressão do vapor de sódio começa a subir e a lâmpada atinge a estabilidade térmica após cerca de 15 minutos, altura em que chega ao seu rendimento máximo. De modo a manter esta temperatura elevada, o tubo de descarga é composto por um invólucro de vidro dentro da ampola da lâmpada. É necessário esperar alguns minutos para se poder efetuar um reacendimento da lâmpada [16] [21] [29].

As características deste tipo de lâmpadas encontram-se na tabela 13.

**Tabela 13 - Características Gerais das Lâmpadas de Vapor de Sódio de Baixa Pressão [16]**

<i>Caraterísticas</i>	<i>Lâmpadas de Vapor de Sódio de Baixa Pressão</i>
Fluxo Luminoso (lm)	1800 - 32000
Potência (W)	26 - 200
Eficiência Luminosa (lm/W)	70 - 180
Classe de Eficiência Energética	Não Disponível
Temperatura de Cor (K)	Não Disponível
IRC	Não Disponível
Duração Média de Vida (h)	15000 - 20000
Tempo de Acendimento	10 - 20 min.

Esta lâmpada é uma das fontes de luz mais eficientes em termos de eficácia luminosa. O melhor alcance pode atingir cerca de 180 lúmen/watt. Possuem também uma duração de vida muito longa, o que faz deste tipo de lâmpadas o mais eficiente e económico. Tem as desvantagens

de produzir uma luz monocromática (amarela) e ter um IRC nulo. A principal utilização destas lâmpadas é feita na iluminação pública mas, devido ao recente reconhecimento da importância da reprodução de cores nestes locais, têm vindo a ser substituídas, em novas instalações, pelas lâmpadas fluorescentes de sódio de alta pressão. É essencial a utilização de reatância e ignitor para o seu arranque e funcionamento [16] [21] [29].

Passaremos de seguida às lâmpadas de alta pressão, onde se incluem as de vapor de mercúrio, de vapor de sódio e de iodetos metálicos.

#### Vapor de Sódio de Alta Pressão



**Figura 51 - Lâmpada de Vapor de Sódio de Alta Pressão**

Estas lâmpadas geram luz através de uma descarga por vapor de sódio em alta pressão (figura 51). À medida que a pressão do vapor aumenta, aumenta também a capacidade da fonte de luz restituir as cores. No entanto, isto acontece à custa da eficácia luminosa da lâmpada. O material que constitui os tubos do arco é alumínio policristalino, que é mais cerâmico do que vítrico. A sua utilização deve-se ao facto de ser muito resistente ao sódio quente, para além de estável a altas temperaturas e transparente. O preenchimento de gás é de xénon, a uma pressão relativamente baixa. Uma pressão mais elevada do gás aumentaria a eficácia luminosa da lâmpada, mas iria fazer com que o seu arranque fosse muito mais difícil, porque necessitaria de maior tensão para o efetuar. Assim, a utilização deste gás facilita o arranque e limita a condução do arco de descarga para a parede do tubo. Também existem lâmpadas com argon como gás utilizado, que são muito mais fáceis de arrancar, mas têm pior eficiência luminosa. É utilizado mercúrio, porque ajuda a melhorar a eficiência da lâmpada, atuando como “tampão de gás” [16]. As características deste tipo de lâmpada apresentam-se na tabela 14.

Tabela 14 - Características Gerais das Lâmpadas de Vapor de Sódio de Alta Pressão [16]

<i>Caraterísticas</i>	Lâmpadas de Vapor de Sódio de Alta Pressão
Fluxo Luminoso (lm)	4300 - 130000
Potência (W)	85 - 1040
Eficiência Luminosa (lm/W)	53 - 142
Classe de Eficiência Energética	A
Temperatura de Cor (K)	1900 - 2100
IRC	19 - 25
Duração Média de Vida (h)	10000 - 20000
Tempo de Acendimento	3 - 7 min.

Esta é uma fonte de luz eficiente, tem um tempo médio de vida longo e um IRC razoavelmente bom, quando comparadas com as lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão. Esta lâmpada compara-se com a de mercúrio de alta pressão (que será apresentada de seguida) e, embora o seu preço seja mais elevado, tem melhor eficácia luminosa. Apresenta uma cor amarelo-alaranjada, que faz com que possua a propriedade de fazer um grande número de cores parecem mais vivas e, por isso, esta lâmpada tem uma série de aplicações em iluminação de exteriores [16] [29].

#### Vapor de Mercúrio de Alta Pressão



Figura 52 - Lâmpada de Vapor de Mercúrio de Alta Pressão

Este tipo de lâmpadas baseia-se na descarga elétrica que ocorre no tubo de descarga de quartzo, que contém vapor de mercúrio a alta pressão (figura 52). Parte da radiação emitida ocorre no espectro visível e outra parte é emitida na zona ultravioleta. Esta radiação ultravioleta é convertida em luz visível devido ao bulbo externo da lâmpada ser revestido internamente com fósforo. O funcionamento desta lâmpada é complexo e divide-se em 3 fases: ignição, “run-up” e funcionamento estável.

A ignição é a fase em que a potência é aplicada à lâmpada, mas a tensão ainda não é alta o suficiente para criar um arco de descarga entre os dois elétrodos principais. Isto é conseguido

através da colocação de um eléctrodo auxiliar perto de um dos principais, o qual se encontra ligado a uma resistência para limitar a corrente do arco formado pelo eléctrodo auxiliar. Deste modo a tensão na fase de formação do arco é reduzida à medida que a corrente aumenta.

A segunda fase entra em ação assim que o arco entre os dois eléctricos principais fornece muito pouca luz, devido à pressão do mercúrio ainda ser baixa e o tubo estar a uma temperatura ainda fria. A pressão do vapor de mercúrio vai aumentando, à medida que o arco de descarga, no gás, vai aquecendo devagar o tubo e, ao mesmo tempo, a luz começa a ser mais intensa (geralmente leva 4 minutos para a lâmpada obter cerca de 80% da sua luz total) até chegar à fase de funcionamento estável. O tubo de descarga é preenchido com um gás sendo mais comumente usado o argón, ao qual é adicionada uma dose de mercúrio, que tem de ser devidamente controlada. Entre o tubo de descarga e a ampola exterior também existe um gás, que geralmente é nitrogénio ou argón, ou uma mistura de ambos e que é controlado, para assegurar que o tubo de descarga opera à temperatura correta [16].

Na tabela 15 estão representadas as características principais deste tipo de lâmpadas.

**Tabela 15 - Características Gerais das Lâmpadas de Vapor de Mercúrio de Alta Pressão [16]**

<i><b>Caraterísticas</b></i>	<b>Lâmpadas de Vapor de Mercúrio de Alta Pressão</b>
Fluxo Luminoso (lm)	2000 - 58500
Potência (W)	60 - 1040
Eficiência Luminosa (lm/W)	33 - 57
Classe de Eficiência Energética	B
Temperatura de Cor (K)	3200 - 3900
IRC	40 - 50
Duração Média de Vida (h)	8000 - 10000
Tempo de Acendimento	4 min.

Esta lâmpada emite uma luz branca-azulada e a sua principal vantagem é apresentar um longo período de vida. O seu IRC não é muito favorável. Ostenta uma performance que nos dias de hoje não é considerada muito boa e, devido a isto e ao facto de estarem disponíveis lâmpadas para quase todos os tipos de aplicações, estas lâmpadas têm vindo a ser substituídas e retiradas, apesar do seu preço ser relativamente mais baixo, se comparado com outras lâmpadas de descarga de alta pressão. São geralmente utilizadas para iluminação de grandes áreas e fachadas [16] [29].

## Iodetos Metálicos



**Figura 53- Lâmpada de Iodetos Metálicos**

As lâmpadas de iodetos metálicos (ou mercúrio de iodetos) foram criadas para melhorar as lâmpadas de mercúrio de alta pressão, em termos da luz produzida e da aparência de cor que estas produziam (figura 53). Para se obter uma boa restituição de cores é necessária a emissão de radiação, pela fonte de luz, nas três cores primárias (vermelho, verde e azul). Elas funcionam pela adição de sais de outros metais (nomeadamente mistura de iodetos de sódio, índio e tálio) no tubo de descarga, em que cada um possui as suas próprias características espectrais e, pela combinação destes diferentes elementos na descarga, é possível obter-se uma fonte de luz com um bom IRC. Os sais podem causar alguns problemas pelo que é necessário tomar-se atenção para que não ataquem quimicamente o tubo de descarga. Também devem ser voláteis, por isso é que são colocados na lâmpada sob a forma de iodetos metálicos. A construção desta lâmpada é muito similar à da lâmpada de mercúrio de alta pressão, tendo como diferença o facto de não ter a camada de fósforo no bulbo externo e, para a fase de ignição, ter um eléctrodo auxiliar que acende a lâmpada através da aplicação de alta tensão a partir da aparelhagem de controlo [16] [29].

Podemos verificar as características desta fonte de luz na tabela 16.

**Tabela 16 - Características Gerais das Lâmpadas de Iodetos Metálicos [16]**

<i><b>Caraterísticas</b></i>	<b>Lâmpadas de Iodetos Metálicos</b>
Fluxo Luminoso (lm)	5200 - 200000
Potência (W)	85 - 2050
Eficiência Luminosa (lm/W)	60 - 98
Classe de Eficiência Energética	Não Disponível
Temperatura de Cor (K)	3000 - 6000
IRC	60 - 90
Duração Média de Vida (h)	2000 - 7000
Tempo de Acendimento	1 - 8 min.



O custo desta lâmpada será mais elevado do que as restantes de descarga sob alta pressão, uma vez que a sua construção é bastante complexa. A sua utilização limita-se à iluminação de exteriores através de projetores, por exemplo, em espaços como estádios de futebol, onde é necessária uma boa restituição de cores para transmissão televisiva. Verifica-se então que estas lâmpadas possuem grande variedade no que toca à sua eficácia e reprodução de cores [16] [29].

### Indução



**Figura 54 - Lâmpada de Indução**

Lâmpadas de indução apresentaram-se como uma inovação para os sistemas de iluminação que já referimos. São essencialmente lâmpadas de descarga que não tem elétrodo e, em vez disso, o campo elétrico da lâmpada é induzido através de uma bobina de indução que opera a alta frequência, ou seja, não necessita dos elétrodos para originar a ionização do gás. Existem dois tipos de lâmpadas de indução, que são as lâmpadas fluorescentes de alta potência sem elétrodos e lâmpadas de descarga em gás a baixa pressão. Atualmente apenas se encontram em produção as primeiras lâmpadas referidas. A lâmpada consiste num bulbo de vidro com uma cavidade, na qual é introduzida a bobina de indução. O gás que preenche a lâmpada é similar ao das lâmpadas fluorescentes convencionais, o que também acontece com o revestimento de fósforo [3] [17]. Na tabela 17 são apresentadas as suas características principais.

**Tabela 17 - Características Gerais das Lâmpadas de Indução [16]**

<i><b>Caraterísticas</b></i>	<b>Lâmpadas de Indução</b>
Fluxo Luminoso (lm)	2600 - 12000
Potência (W)	55 - 165
Eficiência Luminosa (lm/W)	47 - 80
Classe de Eficiência Energética	Não Disponível
Temperatura de Cor (K)	2550 - 4000
IRC	80
Duração Média de Vida (h)	Mais de 60000
Tempo de Acendimento	1 min.

As lâmpadas de indução possuem também muitas das características das lâmpadas fluorescentes, contudo, são ligeiramente menos eficientes. Como não possuem elétrodos com a possibilidade de falhar e como o interior da lâmpada não fica revestido com material que teria sido vaporizado dos elétrodos, estas lâmpadas apresentam uma longa duração de vida. São mais caras que as lâmpadas fluorescentes convencionais e têm tendência a ser colocadas em locais onde o acesso é difícil, nos quais a sua substituição aumenta os custos de manutenção. Esta lâmpada tem também a capacidade de emitir luz instantaneamente e o seu tempo de reacendimento é também quase instantâneo e sem cintilação.

## LED



**Figura 55 - Lâmpada LED**

Um LED é um díodo emissor (*Light Emitting Diode*) que emite luz por eletroluminescência (figura 55). Um LED é um componente bipolar que possui um ânodo e um cátodo e que dependendo da sua polarização, vai permitir, ou não, a libertação de energia que se manifesta na forma de luz. A passagem de corrente pelo material semicondutor é que vai gerar a luz, através do aquecimento deste. A luz emitida pelo LED é praticamente monocromática e depende do material semicondutor que o constitui. Alterando a sua composição química é possível obter LEDs com cores diferentes. A luz branca pode ser conseguida através de uma combinação de LEDs vermelhos, verdes e azuis ou então através da utilização de um *chip* azul ou ultravioleta com revestimento de fósforo à sua volta. Se o material semicondutor for de composição orgânica dá-se o nome de OLED (*Organic Light Emitting Diode*). As lâmpadas LED não devem ser ligadas diretamente à rede, pois trabalham com tensões muito baixas e a sua alimentação tem de ser em corrente contínua (ao contrário das tomadas comuns que funcionam em corrente alternada). Para isso, requerem um dispositivo interface (por exemplo transformador) que converta as características da rede nas necessárias ao bom funcionamento do LED. Devido ao seu tamanho reduzido, o LED tem geralmente adicionada uma lente para aumentar a luz que emite. Apresenta uma elevada resistência a impactos e vibrações, por não necessitar de filamentos ou de vidro [16] [32].

As características da lâmpada led encontram-se representadas na tabela 18.

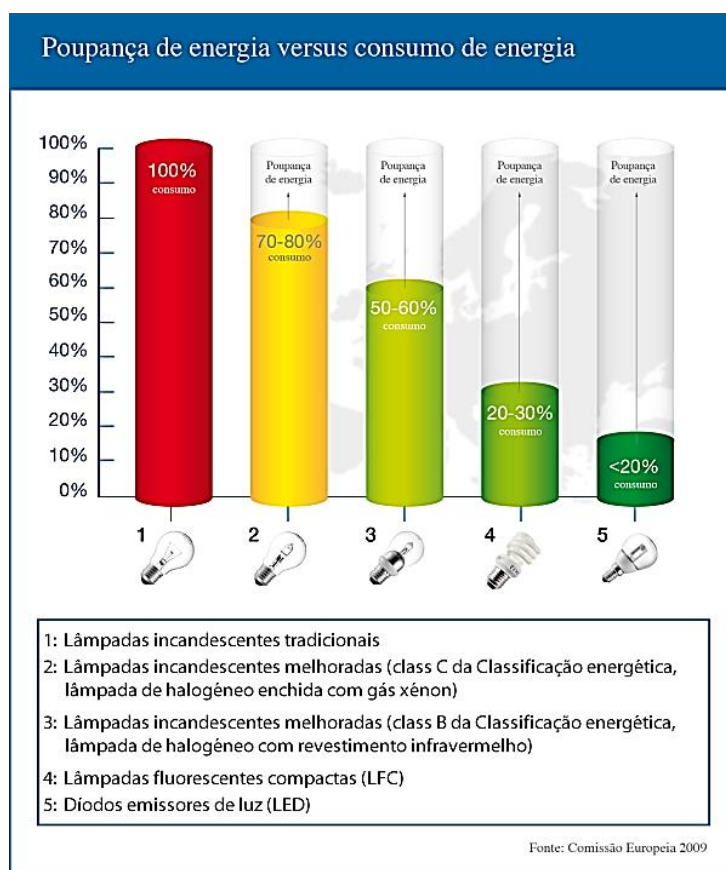
**Tabela 18 - Características Gerais das Lâmpadas LED [16]**

<i><b>Caraterísticas</b></i>	<b>Lâmpadas de Indução</b>
Fluxo Luminoso (lm)	20 - 220
Potência (W)	1 - 5
Eficiência Luminosa (lm/W)	30 - 100
Classe de Eficiência Energética	A
Temperatura de Cor (K)	2685 - 6500
IRC	40 - 85
Duração Média de Vida (h)	15000 - 60000
Tempo de Acendimento	Instantâneo

As lâmpadas LED existem numa vasta variedade de tamanhos, cores, potências e estão atualmente em constante evolução. Ultimamente têm vindo a substituir alguns tipos de lâmpadas, em várias aplicações de iluminação. Apresentam as vantagens de ter uma longa duração de vida, muito bom rendimento, pequenas dimensões e variedade de cores. No entanto, apesar de todas estas vantagens as lâmpadas LED também apresentam alguns inconvenientes: custo de aquisição elevado, a quantidade de luz emitida reduz com o aumento da temperatura e o IRC não é o melhor. Os problemas térmicos e de redução de luminosidade são resolvidos através de um líquido, em que o aumento de calor ao nível das junções é absorvido e eliminado. Os LEDs brancos encontram-se atualmente a fazer rápidos progressos técnicos, mas ainda não conseguem atingir a mesma capacidade das lâmpadas fluorescentes (para iluminação geral) devido à sua eficácia e fluxo luminoso serem mais reduzidas [16] [32].

### **Comparação Lâmpadas**

Após terem sido mencionados os princípios de funcionamento de cada um dos tipos de lâmpadas mais utilizados atualmente e também as respetivas caraterísticas, a figura 56 apresenta uma comparação, em termos do consumo de energia, entre os tipos de lâmpadas compactas referenciados.



**Figura 56 - Poupança de Energia Versus Consumo de Energia**

Aliado ao consumo representado pelas lâmpadas, a legislação europeia determinou o fim da produção e comercialização dos tipos de lâmpadas e acessórios representados na tabela 19.

**Tabela 19 - Calendário *phase-out* de Lâmpadas e Acessórios para o Setor Terciário e Residencial [33]**

Estágio	Data	Phasing-Out	Substituições
I	2010	Tubos fluorescentes T8 <i>standard</i> e IRC<80	Tubos fluorescentes T8 Trifósforos e Pentafósforos
II	2012	Tubos Fluorescentes T10 e T12	-----
III	2015	Vapor de Mercúrio de Alta Pressão	Iodetos Metálicos
		Fluorescentes Compactas não integradas (2 pinos)	Fluorescentes Compactas não integradas (4 pinos)
IV	2017	Balastros ferromagnéticos	Balastros eletrónicos classes A1 e A2
		Balastros eletrónicos <i>standard</i> (Classe A3)	Balastros eletrónicos classes A1 e A2

Pode-se também observar na figura 57 uma comparação da eficácia luminosa de várias fontes de luz que foram mencionadas anteriormente e que correspondem ao catálogo da Osram.

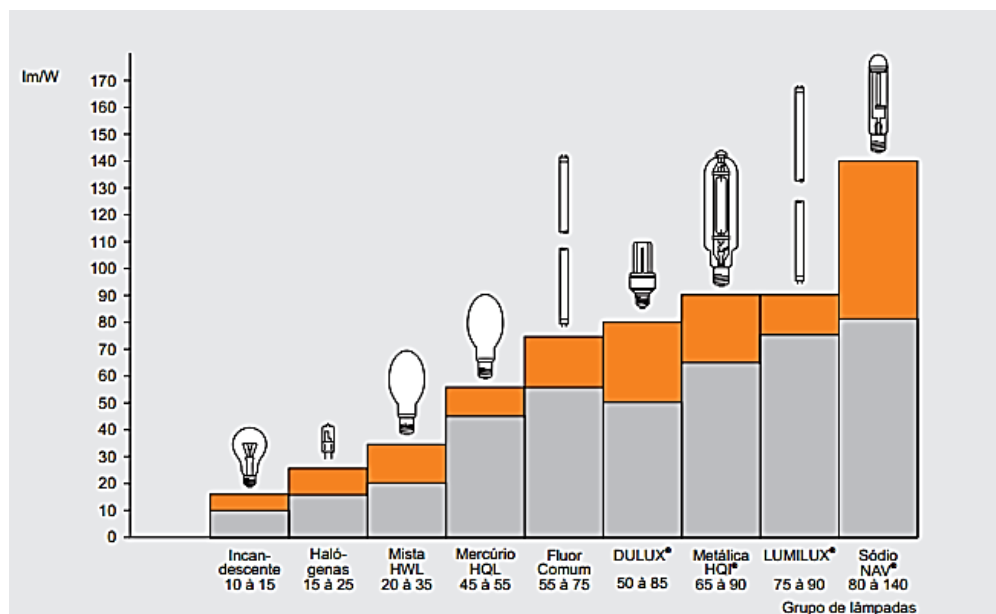


Figura 57 - Comparação da Eficiência Luminosa de Vários Tipos de Lâmpadas [15]

### 3.1.5. Acessórios

Uma vasta gama de lâmpadas requer equipamento acessório (à própria lâmpada) para que seja assegurado o seu correto funcionamento e, em alguns casos, o seu arranque. Diferentes tipos de lâmpadas precisam de diferentes dispositivos.

#### Arrancador



Figura 58 - Arrancador

Tem a função de pré-aquecer os elétrodos das lâmpadas fluorescentes, para ajudar no seu arranque. Assume a forma de um cilindro com dois pernos, para permitir a fixação e contacto elétrico com o suporte (figura 58). O arranque efetua-se uma vez que os elétrodos (que se encontram dentro do arrancador) entram em contacto e permitem a passagem da corrente

elétrica, o que vai aquecer os eletrodos até à temperatura necessária para se realizar a descarga. Após isto regressam à sua posição inicial e, nesse momento, a lâmpada já se encontra em funcionamento, pois a energia armazenada no balastro causa um pico de tensão que permite o seu arranque. No seu interior possui um condensador, com a função de absorver as correntes elétricas residuais que se formam assim que os eletrodos se afastam [16].

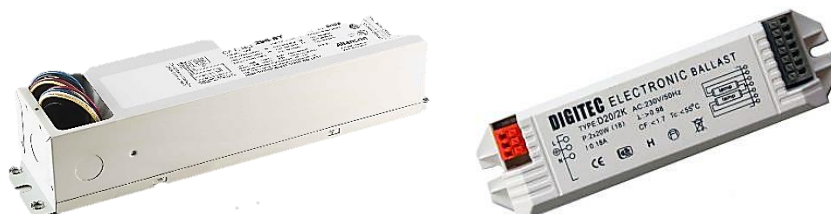
### Ignitor



**Figura 59 - Ignitor**

É um aparelho necessário para produzir um pico de tensão, o que permite o arranque das lâmpadas, uma vez que a corrente não é suficiente para o fazer (figura 59). Assim que a lâmpada acende, o ignitor desliga-se. É utilizado nomeadamente para lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão e de mercúrio de iodetos metálicos [21].

### Balastro



**Figura 60 - Balastro Ferromagnético (à esquerda) e Balastro Eletrónico (à direita)**

O balastro pode ser de dois tipos: ferromagnético ou eletrónico (figura 60). Ambos possuem a função de limitar e estabilizar a intensidade da corrente absorvida pelas lâmpadas de descarga e baseiam-se em bobinas de limitação de corrente. Estas oferecem um fator de potência baixo, que geralmente é compensado por condensadores, aos quais faremos referência de seguida. O balastro assegura também que a lâmpada continua em funcionamento mesmo quando a tensão vai a zero, no fim de cada meio ciclo. No circuito elétrico, o balastro é ligado em série com a

lâmpada ou conjunto de lâmpadas. Os balastros ferromagnéticos são o tipo de balastros convencionais, mas têm vindo a ser substituídos pelos balastros eletrónicos, pois estes últimos possuem diversas vantagens [16] [21].

Os balastros eletrónicos são utilizados principalmente em lâmpadas fluorescentes lineares e têm as seguintes vantagens:

- Poupança de energia entre 20% e 30%;
- Ausência de cintilação durante o funcionamento, devido à alta frequência de operação (aproximadamente 30 kHz);
- Fluxo constante, independentemente da tensão de alimentação;
- Aumento do tempo de vida útil das lâmpadas (em cerca de 50%);
- Temperatura de funcionamento mais baixa;
- Fator de potência mais elevado (superior a 0,95), evitando o uso de condensadores.

A utilização de balastros do tipo eletrónico, além de aumentar a eficácia, dispensa a utilização de outros acessórios, tais como arrancadores e condensadores. Este tipo de balastros também funciona como filtro aos defeitos da rede elétrica, garantindo maior qualidade no funcionamento da lâmpada e prolongando o seu tempo de vida [33].

Devido aos diferentes consumos que os balastros apresentam, eles foram classificados em 7 classes de eficiência energética formando assim um índice de Eficácia Energética. Classificam-se em D, C, B2, B1, A3, A2, A1 em ordem decrescente do seu consumo. Eles encontram-se classificados na tabela 20. Nesta tabela o consumo representa o conjunto do balastro com uma lâmpada fluorescente T8 de 36W.

**Tabela 20 - Classe, Descrição e Consumo dos Balastros [34]**

Classe	Descrição	Consumo
D	Balastros magnéticos com perdas muito altas	> 45 W
C	Balastros magnéticos com perdas moderadas	≤ 45 W
B2	Balastros magnéticos com perdas baixas	≤ 43 W
B1	Balastros magnéticos com perdas muito baixas	≤ 41 W
A3	Balastros eletrónicos	≤ 38 W
A2	Balastros eletrónicos com perdas reduzidas	≤ 36 W
A1	Balastros eletrónicos de potência regulável	≤ 38 / 19 W (a 100% -25%)

## Condensador



**Figura 61 - Condensador**

Com a utilização de balastros ferromagnéticos e consequente baixo fator de potência, são utilizados condensadores para a sua correção (figura 61). São normalmente ligados no circuito elétrico em paralelo [20].

### 3.1.6. Comando de Iluminação

Um sistema de comando de iluminação é uma solução de gestão de iluminação, baseada numa rede que incorpora a comunicação entre as várias entradas e saídas do sistema. O comando do sistema pode funcionar de forma manual ou de forma automática. O sistema funciona através de comandos de entrada que vão indicar como ele opera e qual é o processo que decide o impacto destes para o funcionamento do sistema. Se o comando for realizado automaticamente este tipo de sistemas é utilizado para maximizar a economia de energia do sistema de iluminação controlando a quantidade de luz em vários locais, onde e quando for necessária. Estes sistemas de comando são compostos pelos seguintes:

- Dispositivos de entrada: tais como interruptores, detetores de movimento, temporizadores ou interruptores horários;
- Processos de controlo: podem consistir num simples circuito elétrico através de fios, ou num sistema de controlo baseado em computador;
- Luminárias controláveis: o sistema pode controlar as luminárias desde acender ou apagar, regular o seu fluxo ou até mesmo o movimento destas e mudança de cor.

Dentro do conjunto de dispositivos de entrada temos os comandos manuais, que são os interruptores (comutadores) e são utilizados para ligar ou desligar o circuito que alimenta a lâmpada, estando assim a acendê-la ou apagá-la. Existe também a possibilidade de serem reguláveis, o que permite ter mais ou menos luz, consoante a preferência do utilizador. Este tipo de dispositivos deve ser colocado em locais acessíveis e é de simples utilização. Na figura 50 temos 2 exemplos deste tipo de dispositivos [16].





**Figura 62 - Interruptor Normal (à esquerda) e Interruptor Regulável (à direita)**

O interruptor comum apenas pode enviar o comando para um ponto de luz (ou luminária) e a partir de um só local (figura 62). No entanto, para algumas instalações a instalação destes interruptores para o comando da iluminação é insuficiente, por isso, para responder a essas necessidades existem também os seguintes:

- Comutador de lustre: comando de dois pontos de luz a partir de um só local;
- Comutador de escada: comando de um ponto de luz a partir de dois locais distintos
- Comutador de escada duplo: comando de dois pontos de luz a partir de dois locais distintos;
- Inversor de grupo: comando de um ponto de luz a partir de três, ou mais, locais distintos.

Para comutadores de escada terão de ser instalados dois dispositivos, um em cada local onde se pretenda efetuar o comando. No caso de uma instalação que necessite do comando em três ou mais locais distintos, a utilização do inversor de grupo exige também a colocação de comutadores de escada.

Existem combinações que se tornam um pouco complexas como, por exemplo, o controlo de um ponto de luz a partir de quatro pontos distintos, como o que exigiria a instalação de dois inversores de grupo e dois comutadores de escada. Quando se pretende efetuar o comando de pontos de luz a partir de quatro ou mais locais distintos deve recorrer-se a dispositivos denominados por telerruptores (figura 63) [21].



**Figura 63 - Telerruptor**

O segundo tipo de dispositivos de entrada são os detetores de movimento (figura 64). São compostos por um sensor numa unidade eletrónica de controlo e um relé comutador. O seu princípio de funcionamento é a mudança de posição do relé (abertura ou fecho) após deteção da presença ou ausência de pessoas no campo de vista do sensor. Este, assim que deteta movimento, envia um comando apropriado para a unidade de controlo. O tipo de sensores utilizado é geralmente baseado em detetores de infravermelhos passivos, mas também existem outros, baseados em ultrassons ou tecnologia de micro-ondas. No entanto, os mais comuns (infravermelhos) são sensores passivos de movimento, que monitorizam as mudanças na quantidade de radiação infravermelha que conseguem captar. Uma vez que todos os objetos emitem radiação térmica, para que se possa realizar a deteção de movimento é necessário que o sensor esteja preparado para distinguir que a superfície do corpo a ser detetada seja diferente da temperatura da superfície dos objetos em redor. Estes sensores apenas reagem à radiação infravermelha, mas não a emitem. A deteção de presença só funciona se não existir nenhuma obstrução entre o sensor e o corpo que é suposto detetar. Os sensores ultrassónicos são um pouco mais sensíveis ao movimento do que os infravermelhos, devido às ondas de ultrassons cobrirem toda a área de forma contínua [16] [35] [36].



**Figura 64 - Detetor de Movimento com Sensor de Infravermelhos**

Em terceiro, existem os temporizadores ou interruptores horários (figura 65). Estes têm a capacidade de ligar ou desligar a iluminação num horário pré-estabelecido. Existem vários temporizadores que podem ter na sua base uma sequência de repetição diária (por exemplo, entre 1 e 24 horas), repetição semanal (por exemplo, 7 dias) e até mesmo repetição diária com anulação de um ou mais dias da semana. Existem interruptores do tipo analógico e digital. Apesar de os digitais serem mais caros, permitem guardar memória, o que possibilita o comando de mais do que um circuito de iluminação [21] [36].



**Figura 65 - Interruptor Horário**

Em quarto lugar existem os sensores de iluminação (figura 66). Este tipo de sensores liga ou desliga a luz, consoante o valor de iluminância que estiver a medir. São geralmente utilizados para acender as luzes exteriores ao anoitecer e desligá-las ao amanhecer [16].



**Figura 66 - Sensor de Iluminação**

Com todos os equipamentos envolventes do sistema de iluminação descritos, aborda-se agora em que consiste um projeto luminotécnico.

### 3.1.7. Projeto

Para se realizar um projeto luminotécnico são necessários alguns pressupostos. É preciso conhecer as dimensões do local que queremos iluminar e quais as atividades que vão ser executadas nesse espaço. Então será necessário escolher qual o tipo de iluminação mais adequado (tanto em tipo de lâmpadas a utilizar, como nas suas características de reprodução de cor) de modo a ter uma ideia da quantidade de luz que vai ser precisa, a uniformidade que será necessária e o ofuscamento que esta poderá ou não provocar. De acordo com a norma EN-12464 (para locais de trabalho dentro de edifícios), os requisitos da iluminação são determinados para satisfazer três necessidades básicas humanas:

- Conforto visual - onde os trabalhadores têm presente um sentimento de bem-estar, o que indiretamente também conduz a mais altos níveis de produtividade e melhor qualidade do trabalho;
- Performance visual - onde os trabalhadores conseguem levar a cabo as suas tarefas visuais, até mesmo em circunstâncias difíceis e durante períodos mais longos;
- Segurança.

Os parâmetros para determinar o ambiente luminoso, no que diz respeito à luz artificial e luz natural são:

- Distribuição de luminosidade;
- Iluminância;
- Direcionalidade da luz;
- Variabilidade da luz (em termos de cor);
- Aparência da luz e reprodução de cores;
- Brilho;
- Cintilação.

Existem valores normalizados que dependem do local e do tipo de atividade que neste se realiza para a luminância. A sua distribuição no campo visual controla o nível de adaptação com que os olhos efetuam uma tarefa. Uma luminância bem equilibrada é necessária para:

- Acuidade visual (nitidez da visão);
- Sensibilidade ao contraste;
- Eficiência das funções oculares (tais como acomodação, convergência, contração pupilar, movimento do olho, etc.).

A distribuição da luminância afeta também o conforto, daí que seja necessário evitar os aspetos seguintes:

- Elevadas luminâncias podem dar origem a demasiado brilho;
- Elevado contraste de luminância o que vai causar fadiga devido à constante readaptação dos olhos;
- Baixas luminâncias e baixo contraste de luminância, o que resulta num ambiente de trabalho cansativo e não estimulante.

De modo a criar uma distribuição de luminância equilibrada, as luminâncias de todas as superfícies devem ser tidas em consideração e será determinada pela refletância e iluminância na superfície. Para elevar os níveis de adaptação e conforto das pessoas nos edifícios, é altamente desejável ter superfícies interiores brilhantes (paredes e teto). O projetista deve considerar e selecionar os valores adequados para iluminância e refletância para as superfícies interiores de acordo com a orientação seguinte:

As refletâncias recomendadas para as superfícies interiores estão descritas na tabela 21.

**Tabela 21 - Valores de Refletância para Diferentes Superfícies [20]**

Superfície	Refletância
Teto	0,7 a 0,9
Paredes	0,5 a 0,8
Chão	0,2 a 0,4

Os objetos como mobília, máquinas, etc., devem ter as suas refletâncias entre 0,2 e 0,7.

A iluminância e a sua distribuição na área de trabalho e circundante têm um grande impacto em quão rapidamente, com segurança e conforto, uma pessoa percebe e realiza a tarefa visual. Os valores de iluminâncias são especificados na norma EN-12464 e todos cumprem os requisitos de conforto visual e performance. Existe uma escala de iluminâncias (em lux) que distingue os valores para quais existem diferenças perceptuais e que são de acordo com a norma EN 12665 e são os seguintes:

20 - 30 - 50 - 75 - 100 - 150 - 200 - 300 - 500 - 750 - 1000 - 1500 - 2000 - 3000 - 5000 (lux)

Na área de trabalho, a iluminância média não deve ser inferior às condições estipuladas na norma EN-12464, independentemente do estado e idade da instalação. Os valores são válidos para condições de visualização normais e têm em conta os seguintes fatores:

- Aspectos psicofisiológicos, tais como conforto visual e bem-estar;
- Requisitos para as tarefas visuais;
- Ergonomia visual;
- Experiência prática;
- Contribuição para a segurança funcional;
- Economia.

O nível da iluminância pode ser ajustado em pelo menos um passo na escala das iluminâncias, se as condições visuais forem diferentes das que são assumidas como normais. A iluminância deve ser aumentada quando:

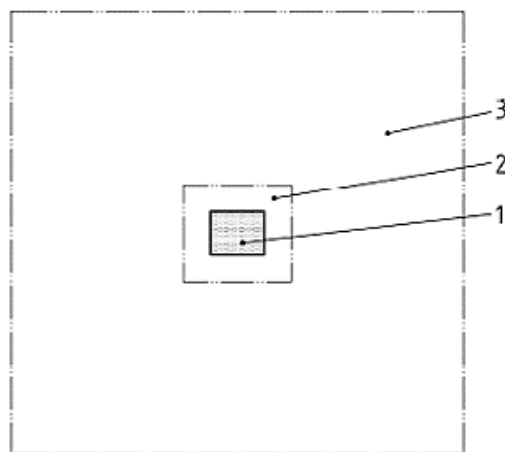
- O trabalho visual é crítico;
- Os erros são demasiado caros para corrigir;
- A precisão, alta produtividade ou aumento da concentração é de grande importância;
- Os detalhes da tarefa são de tamanho muito pequeno ou de baixo contraste;
- A tarefa é realizada por um tempo anormalmente longo;

- A capacidade visual do trabalhador é mais baixa do que o normal.

Os níveis de iluminância podem ser diminuídos quando:

- Os detalhes da tarefa são de tamanho anormalmente grande ou de alto contraste;
- A tarefa é realizada por um tempo invulgarmente muito curto.

A iluminância deve ser medida na área de trabalho, uma vez que é aí que a pessoa vai realizar a sua tarefa e portanto ter iluminação adequada é essencial. No entanto, existem mais duas áreas que não devem ser esquecidas e também devem ter níveis mínimos de luminosidade. A área de trabalho e as áreas ao seu redor devem ser vistas como na figura 67.



**Figura 67 - Área de Trabalho e Áreas Circundantes [20]**

Onde 1 corresponde à área de trabalho; 2 corresponde à área circundante (pelo menos 0,5m em redor da área de trabalho); 3 corresponde à área de fundo (pelo menos 3m de largura adjacente à área circundante, dentro dos limites do espaço). Grandes oscilações espaciais de iluminância em torno da área de trabalho podem gerar *stress* e desconforto. A iluminância na área circundante à área de trabalho pode ser menor, mas não deve ser inferior aos valores representados na tabela 22.

**Tabela 22 - Iluminância na Área de Trabalho e na Área Circundante [20]**

Iluminância na Área de Trabalho	Iluminância na Área Circundante
$E_{\text{area\_trabalho}}$ (lux)	$E_{\text{area\_circundante}}$ (lux)
$\geq 750$	500
500	300
300	200
200	150
150	$E_{\text{area\_trabalho}}$
100	$E_{\text{area\_trabalho}}$
$\leq 50$	$E_{\text{area\_trabalho}}$

Em locais de trabalho fechados, particularmente aqueles desprovidos de luz do dia, uma grande parte da área em torno da área de trabalho também necessita de ser iluminada. Esta área, conhecida como "área de fundo", deve ter pelo menos 3 m de largura adjacentes à área de trabalho, dentro dos limites do espaço e deverá ser iluminada com valores de iluminância de cerca de 1/3 do valor dos tomados na área circundante [20].

Quanto à uniformidade da iluminância ( $U_0$ ), esta é calculada a partir da equação que se apresenta der seguida e não deve tomar valores menores do que os definidos na norma EN-12464:

$$U_0 = \frac{E_{\min}}{E_{\text{médio}}}, \quad \text{Eq. 6}$$

Em que  $U_0$  é a uniformidade da iluminância;  $E_{\min}$  é o nível mínimo de iluminância no espaço em lux;  $E_{\text{médio}}$  é a média ponderada dos valores medidos de iluminância em lux.

Para iluminação a partir de luz artificial, a uniformidade da iluminância deve tomar os seguintes valores:

- Na área circundante  $U_0 \geq 0,40$ ;
- Na área de fundo  $U_0 \geq 0,10$ .

Quanto à grelha de iluminância, este sistema deve ser criado para indicar os pontos em que os valores de iluminância são calculados e verificados para a(s) área(s) de trabalho, área(s) circundante(s) e área(s) de fundo. São preferíveis quadrículas de aproximação a um quadrado, em que a relação entre comprimento e largura de uma célula de grelha será mantida entre 0,5 e 2 m. Isto vai ser aprofundado mais a frente nos métodos de medição [19].

Para determinar o número de células na grelha é necessário saber o índice de quarto (RI, *Room Index*) que pode ser calculado através da expressão seguinte:

$$RI = (Largura * Comprimento) / (Altura * (Largura + Comprimento)), \quad \text{Eq. 7}$$

A largura e comprimento reportam-se ao tamanho da divisão enquanto que a altura diz respeito ao nível a que está colocada a luminária.

**Tabela 23 - Número Mínimo de Células para formar uma Grelha de Iluminação Média de um Local Interior [20]**

RI	Número de Células
Menor que 1	9
Entre 1 e 2	16
Entre 2 e 3	25
Maior que 3	<b>36</b>

Quanto à cor da luz que devemos escolher para o local, as qualidades de uma lâmpada de cor quase branca ou luz transmitida pelo sol são caracterizadas por dois atributos:

- Aparência da cor da luz (temperatura de cor);
- Capacidade de reprodução de cor, que afeta a aparência de cor de objetos e pessoas.

Estes dois atributos devem ser considerados separadamente. Para o desempenho visual e a sensação de conforto e bem-estar, as cores de objetos e até mesmo da pele humana no espaço, devem ser reproduzidas natural e corretamente, de modo a tornar a forma como as pessoas veem atrativa e saudável. De modo a obter uma indicação objetiva das propriedades de reprodução de cores, é utilizado o IRC ( $R_a$ ) da fonte de luz que toma valores de 0 a 100 [20].

O sistema de iluminação deve ser projetado com um fator de manutenção geral (MF), calculado para o equipamento de iluminação selecionado, ambiente e programação de manutenção especificada e depende dessas mesmas características. A iluminância recomendada é dada como iluminância mantida. Para cálculos da luz do dia, a redução de transmitância do vidro, devido à deposição de lixo, deve ser tida em consideração. O projetista deve especificar o equipamento de luz artificial adequado para a utilização no espaço em estudo e preparar um horário de manutenção compreensivo que inclua a frequência de substituição das lâmpadas e luminárias, intervalos de limpeza das luminárias e seu método de limpeza. O fator de manutenção tem grande impacto na eficiência energética [20].

O fator de manutenção para uma instalação interior é dado por:

$$MF = LLMF * LSF * LMF * RSMF, \quad Eq. 8$$

Onde LLMF é o fator de manutenção do fluxo luminoso da lâmpada; LSF é o fator de sobrevivência da lâmpada; LMF é o fator de manutenção da luminária; RSMF é o fator de manutenção da superfície do espaço.

O fator de manutenção do fluxo luminoso da lâmpada relaciona-se com o facto do fluxo luminoso de qualquer fonte de luz reduzir com o tempo em que está em funcionamento. A taxa de declínio varia, dependendo da fonte de luz utilizada e a lâmpada deve vir acompanhada com este tipo de dados do fabricante, com indicação do valor para este fator num determinado número de horas de funcionamento. Quando o declínio na produção de luz é regular, o LLMF pode ser citado como uma redução percentual por mil horas de operação. Na tabela 24 podem observar-se valores para este fator das várias fontes de luz com o número de horas de funcionamento:



**Tabela 24 - Valores Típicos para Fator de Manutenção do Fluxo Luminoso de Algumas Lâmpadas de Descarga [16]**

Fonte de luz	Horas de utilização (x1000)										
	0,1	0,5	1,0	1,5	2	4	6	8	10	12	14
Trifosfato/Multifosfato fluorescente	1	0,98	0,96	0,95	0,94	0,91	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83
Fluorescente	1	0,97	0,94	0,94	0,89	0,83	0,80	0,78	0,76	0,74	0,72
Mercúrio	1	0,99	0,97	0,95	0,93	0,87	0,80	0,76	0,72	0,68	0,64
Sódio alta pressão	1	1	0,98	0,97	0,96	0,93	0,91	0,89	0,88	0,87	0,86
Sódio alta pressão (cor melhorada)	1	0,99	0,97	0,95	0,94	0,89	0,84	0,81	0,79	0,78	-
Sódio baixa pressão	1	1	1	0,99	0,98	0,98	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96

O fator de sobrevivência da lâmpada é definido como a proporção de lâmpadas de um tipo específico que se espera que continuem a emitir luz após um certo número de horas de operação. Só deve ser utilizado no cálculo do fator de manutenção quando é para substituir um grupo de lâmpadas e não apenas uma lâmpada. Podem ver-se na tabela 25 os valores para o fator de sobrevivência de algumas lâmpadas de descarga:

**Tabela 25 - Valores Típicos para Fator de Sobrevivência de Alguns Tipos de Lâmpadas de Descarga [16]**

Fonte de luz	Horas de utilização (x1000)										
	0,1	0,5	1,0	1,5	2	4	6	8	10	12	14
Trifosfato/Multifosfato fluorescente	1	1	1	1	1	1	0,99	0,95	0,85	0,75	0,64
Fluorescente	1	1	1	1	1	1	0,99	0,95	0,85	0,75	0,64
Mercúrio	1	1	1	1	0,99	0,98	0,96	0,95	0,92	0,88	0,84
Sódio alta pressão	1	1	1	1	0,99	0,98	0,97	0,94	0,92	0,89	0,85
Sódio alta pressão (cor melhorada)	1	1	1	0,99	0,98	0,96	0,90	0,79	0,65	0,50	-

O fator de manutenção da luminária (LMF) depende da sujidade depositada sobre ou dentro desta, que vai causar uma redução da emissão de luz a partir da mesma. A taxa em que a sujidade é depositada depende da construção da luminária, da natureza da sujidade e de quanta está presente na atmosfera. É a relação entre a saída de luz de uma luminária num determinado tempo para a emissão de luz inicial. Existem valores típicos para este fator, que dependem dos ambientes onde as luminárias estão inseridas. Ambientes limpos são encontrados em locais como centros de informática, áreas de montagem eletrónica e hospitais. Ambientes normais existem em escritórios, escolas, lojas, laboratórios, restaurantes e armazéns. Ambientes sujos são comuns em áreas de carpintaria, fundições, siderurgia, obras químicas, entre outros locais semelhantes. Como o presente estudo se reporta ao âmbito hospitalar, este é considerado um local limpo [16].

Na tabela 26 apresentam-se os valores típicos para o fator de manutenção de uma luminária em ambiente limpo:

**Tabela 26 - Fatores de Manutenção da Luminária para Luminárias Direta, Direta/Indireta e Indireta em Diferentes Locais com Intervalos de Limpeza em Ambientes Limpos [16]**

Índice Quarto (RI)	Tipo de luminária	Intervalo entre limpezas (anos)					
		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
0,7	Direta	0,97	0,97	0,96	0,95	0,94	0,94
0,7	Direta/Indireta	0,94	0,90	0,89	0,87	0,85	0,84
0,7	Indireta	0,90	0,85	0,83	0,81	0,77	0,75
2,5 a 5	Direta	0,98	0,98	0,97	0,96	0,96	0,96
2,5 a 5	Direta/Indireta	0,95	0,92	0,90	0,89	0,87	0,86
2,5 a 5	Indireta	0,92	0,88	0,86	0,84	0,81	0,78

O fator de manutenção da superfície do espaço está relacionado com mudanças da superfície das paredes por deposição de pó, o que muda a refletância da iluminação produzida. A magnitude destas alterações é regulada pelo grau de deposição de sujeira [16].

A tabela 27 mostra as mudanças típicas da iluminação de uma instalação que ocorrem com o tempo, devido à deposição de sujeira nas superfícies da sala, para condições limpas, tal como foi referido no fator anterior.

**Tabela 27 - Fatores de Manutenção da Superfície do Espaço a partir de Luminárias Direta, Direta/Inversa e Indireta em Diferentes Locais com Intervalos de Limpeza em Ambientes Limpos [16]**

Índice Quarto (RI)	Tipo de luminária	Intervalo entre limpezas (anos)					
		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
0,7	Direta	0,97	0,97	0,96	0,95	0,94	0,94
0,7	Direta/Indireta	0,94	0,90	0,89	0,87	0,85	0,84
0,7	Indireta	0,90	0,85	0,83	0,81	0,77	0,75
2,5 a 5	Direta	0,98	0,98	0,97	0,96	0,96	0,96
2,5 a 5	Direta/Indireta	0,95	0,92	0,90	0,89	0,87	0,86
2,5 a 5	Indireta	0,92	0,88	0,86	0,84	0,81	0,78

As características da instalação mudam com o passar do tempo, começam a deteriorar-se desde que a instalação é ligada pela primeira vez. As fontes de luz tendem a produzir menos, quantas mais horas de funcionamento tiverem. As luminárias emitem menos luz e podem mudar a sua distribuição com o aumento da sujeira. A quantidade de luz irrefletida pode mudar a refletância de uma superfície. A manutenção mantém o desempenho do sistema, dentro dos limites de conceção e promove a segurança e eficiência de energia. A manutenção inclui substituição de lâmpadas e reatores, a limpeza de luminárias e limpeza e redecoreação de superfícies do espaço [16].

Para aplicações onde existem requisitos mínimos de iluminação, ser capaz de medir a performance da instalação de luz é desejável para se marcar a manutenção corretamente. A

verificação de desempenho de uma instalação de iluminação requer uma pesquisa de campo que exige decisões sobre as condições de funcionamento relevantes, o uso de instrumentos fotométricos e a seleção de procedimentos de medição apropriados. Para realizar as medições no campo é essencial que se mantenha um registo completo do estado da instalação de luz e do interior em geral, no tempo em que as medidas forem feitas. Deverá ser dada particular atenção ao tipo de lâmpada e idade, nível e estabilidade da tensão que lhe é aplicada e estado de manutenção das lâmpadas e luminárias. Fotografias do espaço em estudo são uma adição valiosa aos registos. Antes de se fazer a pesquisa de campo, é necessário decidir sobre as condições de iluminação que são de interesse. Antes de se iniciarem as medições, é preciso garantir que as lâmpadas estiveram em funcionamento durante pelo menos 100 horas. Se isso se concretizou, a primeira coisa a fazer na medição é estabilizar o desempenho das lâmpadas, luminárias e instrumentação. O tempo necessário para estabilizar a saída de luz de uma instalação depende do tipo de fonte de luz e da luminária. Instalações que utilizem lâmpadas de descarga (incluindo fluorescentes tubulares) exigem pelo menos 20 minutos e idealmente uma hora, antes de estabilizarem para que as medições possam ser feitas. Para se estabilizar a leitura de alguns instrumentos de medição (com fotocélula), é necessário que estes estejam expostos à iluminação aproximadamente 5 minutos antes de se fazer a primeira medição. Uma vez que a luz do dia está sempre a variar, a iluminância e luminância que produz pode variar rapidamente numa gama muito grande. Devido a esta razão, quando são necessárias medidas de iluminação elétrica apenas, a luz do dia deve ser excluída do interior, ou as medições devem ser feitas depois de escurecer [16].

A metodologia recomendada para realizar o estudo luminotécnico, segundo o Manual Luminotécnico Prático da Osram [15] é a seguinte:

1. Determinação dos objetivos da iluminação e dos efeitos que se pretende alcançar;
2. Levantamento das dimensões físicas do local, *layout*, materiais utilizados e características da rede elétrica no local;
3. Análise dos fatores de influência na qualidade da iluminação;
4. Cálculo da iluminação geral;
5. Adequação dos resultados ao projeto;
6. Cálculo do controlo de iluminação;
7. Definição dos pontos de iluminação;
8. Cálculo de iluminação dirigida;
9. Avaliação do consumo energético;
10. Avaliação de custos;
11. Cálculo de rentabilidade.

### 3.1.8. Aparelhagem de Medida

Existem dois tipos de instrumentos para fazer as medições de iluminação no campo, que medem a iluminância e a luminância. Ao aparelho que mede a iluminância dá-se o nome de luxímetro (figura 68). Consiste numa célula fotovoltaica de selénio ou de silício ligados diretamente ou indiretamente através de um amplificador. A qualidade de um luxímetro é determinada por uma série de fatores, incluindo a incerteza de calibração, não-linearidade, erro de correção espectral, correção de erros de cosseno, erro de mudança de gama e erro de mudança de temperatura. A medição de fontes de luz coloridas, como por exemplo lâmpadas LED, pode mostrar erros grosseiros, devido ao mau ajuste da sensibilidade espectral do medidor em determinados comprimentos de onda. Este tipo de aparelhos está disponível para medir a iluminância desde 0,1 a 100.000 lux [16].



Figura 68 - Luxímetro

O medidor de luminância chama-se luminancímetro (figura 69) e consiste num sistema de imagem, fotorrecetor e *display*. O sistema de imagem ótico é utilizado para formar uma imagem do objeto de interesse no fotorreceptor e este produz um sinal que é dependente da luminância média da imagem recebida. Para obter leituras válidas, o objeto de interesse tem de estar focado e a preencher a abertura dos fotorreceptores. Estes podem ser células fotovoltaicas ou tubos fotomultiplicadores [16].



**Figura 69 - Luminancímetro**

É importante não comprometer os aspetos visuais de uma instalação de iluminação para, simplesmente, reduzir o seu consumo de energia. A economia de energia pode ser feita com um melhor aproveitamento da luz do dia, através da melhoria das características de manutenção da instalação, revisão dos padrões de ocupação de cada espaço e mesmo utilização de aparelhagem de controlo de iluminação. Uma vez que a quantidade de luz varia ao longo do dia e está dependente das condições climáticas, no interior, a luz que se obtém através das janelas laterais diminui rapidamente com a distância com que nos afastamos da janela. Isto faz com que seja necessária iluminação suplementar para garantir os níveis de iluminância exigidos na área de trabalho e para equilibrar a distribuição de luminosidade dentro da sala. Comutação e / ou escurecimento automático ou manual podem ser utilizados para garantir uma integração adequada entre a iluminação artificial e a luz do dia. A luz do dia pode fornecer a totalidade ou parte da iluminação para as tarefas visuais e, portanto, oferece potenciais economias de energia e além disso, varia em nível, direção e composição espectral com o tempo e fornece padrões variáveis de luminância, o que é percebido como sendo benéfico para as pessoas em ambientes de trabalho fechados. As janelas são fortemente indicadas nos locais de trabalho, para a luz do dia entrar e para o contato visual que oferecem com o exterior. No entanto, é também importante que as janelas não causem desconforto visual ou térmico e até mesmo perda de privacidade. A luz é importante para a saúde das pessoas e para o seu bem-estar, pois afeta o humor, a emoção e até a agilidade mental das pessoas. Também é um fator importante para ajustar os ritmos cardíacos e influenciar o estado fisiológico e psicológico das pessoas. Variar as condições de iluminação por maior iluminância, luminância e maior alcance de temperatura de cor das que estão especificadas na norma EN-12464, com luz do dia e/ou luz artificial pode estimular as pessoas e melhorar o seu bem-estar [20].

Em trabalho de campo apenas a iluminância média, uniformidade de iluminância e luminância de superfície podem ser medidas. A iluminância média ao longo de um espaço é geralmente

medida para verificar se uma instalação tem conseguido as suas especificações de concepção. Cálculos, através da utilização de computadores e *software*, são práticos para se obter uma cópia impressa da iluminação ao longo de um largo número de pontos de grelha de iluminância. Através de medições no local, por razões logísticas, o objetivo deve ser a obtenção de resultados aceitavelmente precisos, a partir de um número mínimo de pontos. Para medir a uniformidade da iluminância é necessária uma grelha quadrada de medição, com distância entre pontos de 0,25 m sobre a área de trabalho e na área imediatamente circundante em posições representativas. A uniformidade de iluminância é avaliada com base na média aritmética ponderada por área dos pontos de medição dentro de cada área de tarefas e o ponto de valor mínimo da grade de iluminação dentro dessa área. As medições de luminância são realizadas como resposta a queixas quanto ao brilho da iluminação. Sob estas circunstâncias devem ser estabelecidas as condições que são objeto de queixa e fazer as medições da luminância a partir da posição de onde as pessoas reclamam, de modo a identificar a fonte das queixas. Se um medidor de luminância não está disponível, uma estimativa da luminância de superfícies da sala pode ser obtida indiretamente, através da medição da refletância da superfície e a iluminância (lux), a partir das quais se pode calcular a luminância ( $\text{cd/m}^2$ ) [16].

### 3.1.9. Processo de Alienação das Lâmpadas

Até recentemente, este tópico era raramente discutido para equipamentos de iluminação. No entanto, com a introdução do regulamento de resíduos e equipamentos elétricos e eletrónicos (REEE), para o projetista de iluminação tornou-se necessário considerar como é que o equipamento a utilizar deve ser descartado no final da sua vida. Estes equipamentos são definidos como os que dependem de corrente elétrica ou de campos eletromagnéticos para o seu funcionamento e visto que muitos dos seus componentes são considerados perigosos, no fim da sua utilização devem ser devidamente alienados. O objetivo deste regulamento é reduzir o seu impacto no ambiente e, ao mesmo tempo, incentivar a reciclagem e reduzir a quantidade de resíduos que vai para os aterros. Todo o equipamento de iluminação é considerado como resíduo perigoso, exceto os utilizados em casas e as fontes de luz de filamento. Este tipo de equipamentos nunca deve ser colocado no lixo comum, devido às substâncias perigosas que pode conter. Existem pontos de recolha próprios para a reciclagem destes equipamentos. Precisam de ser transportados com cuidado até ao local onde vão ser desmantelados (as substâncias perigosas são retiradas) com todo o cuidado e encaminhados para reciclagem ou valorização [16] [37].

## 3.2 - Eficiência Energética

A eficiência energética ou utilização eficiente de energia é uma prática usada para o consumo de energia, com o objetivo de o reduzir. Indivíduos, organizações e consumidores diretos de energia podem reduzir esse consumo, de modo a minimizar os seus custos e a promover

sustentabilidade económica, política e ambiental. O fornecimento dos mesmos produtos e serviços é garantido, sem que o nível de conforto, conveniência e produtividade dos utilizadores sejam restringidos. Evitar o consumo desnecessário de energia ou escolher o equipamento mais adequado para reduzir o seu custo, ajuda a diminuir o consumo de energia individual sem diminuir o bem-estar.

O termo eficiência energética não pode ser confundido com conservação de energia, que corresponde a uma diminuição do consumo de energia por meio de uma redução dos seus serviços (por exemplo ao nível do ar condicionado, reduzir a temperatura de conforto dos utilizadores). Estas reduções não resultam num aumento da eficiência energética global, são facilmente reversíveis e não devem ser associadas ao termo de eficiência energética [38].

A melhoria da eficiência energética prende-se a uma redução de energia utilizada num determinado serviço ou atividade, geralmente ao nível da iluminação e aquecimento. Esta redução está geralmente associada a mudanças a nível tecnológico, o que normalmente requer algum investimento, mas nem sempre, uma vez que a adoção de mecanismos de controlo ou gestão dos consumos e dos sistemas consumidores de energia poderá já evitar desperdícios e reduzir os consumos. Com esta diminuição, resulta uma economia de custo financeiro, no caso de ser necessário realizar um investimento que traga custos adicionais de implementação de uma tecnologia de energia mais eficiente. Evitar o consumo desnecessário é uma questão de comportamento individual mas também é, muitas vezes, uma questão de equipamento adequado. Regulação térmica de temperatura ambiente ou desativação automática das luzes em áreas desocupadas são exemplos de como o equipamento pode reduzir a influência do comportamento individual.

### **3.2.1. Aplicação ao Setor da Iluminação**

Uma instalação de iluminação precisa de confirmar os vários requisitos estipulados para a área onde é aplicada, sem comprometer a eficiência energética e o conforto visual. Isto implica a necessidade de uma análise rigorosa para a seleção do sistema, equipamentos, técnicas de controlo e utilização de luz do dia mais adequados. Para uma instalação já existente, uma atualização para fontes mais eficientes em termos de luz, propriedades e controlo, pode reduzir o consumo de energia, melhorando o ambiente visual e afetando o dimensionamento do sistema de AVAC e dos sistemas elétricos.

Um projeto luminotécnico eficaz introduz técnicas rigorosas na especificação de luminárias adequadas para cada caso. A substituição e a implantação de dispositivos de controlo aumentam a eficiência no uso da energia e minimizam custos, além de eliminarem os desperdícios.

Serão de seguida descritas algumas medidas utilizadas para aumentar a eficiência energética, sendo que o controlo e a gestão da iluminação, aliado com a substituição de lâmpadas por

outras mais eficientes, vão baixar (e em muito) os níveis de consumo que seriam registados anteriormente (no caso de uma instalação já existente). Por exemplo, a presença de luz artificial em locais desocupados, ou onde a luz natural colmata as necessidades durante alguns períodos (ou mesmo durante o dia), fez surgir a necessidade da introdução de mecanismos de controlo. Estes mecanismos, permitem economizar uma considerável quantidade de energia, pois garantem que esta seja apenas consumida quando necessário e também que os níveis de iluminância sejam mais homogéneos ao longo do dia, em função da presença de luz natural. Para se fazer uso da iluminação natural num ambiente, controlando a iluminação artificial, podem utilizar-se diversos tipos de controlo, que são os modos de gestão de iluminação. Devem ser considerados os seguintes tópicos com a finalidade de obter um baixo consumo de energia numa instalação de iluminação [39]:

- Seleção de fontes de luz com eficácia luminosa ideal para a reprodução de cores requerida;
- Sistema de iluminação eficiente com saída de luz adequada para a tarefa desejada;
- Luminárias eficientes com a distribuição de luz correta;
- Utilização eficiente de luz do dia;
- Utilização eficiente da luz artificial e natural através da seleção de um esquema de cores de luz interior;
- Controlo de iluminação através de deteção de presença;
- Possibilidade de controlo localizada por um indivíduo;
- Utilização frequente de “*dimming*”;
- Bom planeamento de manutenção da instalação de iluminação para obter um fator de manutenção elevado.

### 3.2.1.1. Modos de Gestão da Iluminação

Os modos de gestão da iluminação permitem obter poupanças apreciáveis através da utilização de energia no local onde é necessária, evitando desperdícios. Podem ter origem automática ou manual, o que vai depender do uso dado pelos utilizadores a que é destinada. Existem os seguintes modos de gestão da iluminação:

- Zonagem, Comandos Manuais e Sensibilização dos Utilizadores;
- Gestão horária;
- Deteção de presença;
- Gestão em função da iluminação natural;
- Gestão centralizada da iluminação.



## **Zonagem, Comandos Manuais e Sensibilização dos Utilizadores**

A zonagem é um modo de gestão que consiste em reagrupar os comandos de iluminação de acordo com as seguintes circunstâncias [40]:

- Presença de iluminação individual - retarda o acendimento da iluminação geral;
- Zonas de atividade com mesmo período de ocupação;
- Iluminação natural do local - luminárias colocadas junto às janelas são comandadas separadamente das colocadas no interior, sendo ligadas em função da iluminação proveniente do exterior;
- Atividades secundárias que se desenrolam fora das horas normais - necessidade de iluminação mais reduzida.

Numa instalação já existente, a implementação destes comandos não é complicada, mas exige uma recablagem da instalação, com integração de interruptores e contactores suplementares.

A zonagem só é efetiva com a devida colaboração dos seus utilizadores, pois eles têm a capacidade de controlar consoante as suas necessidades, de modo a garantir o conforto visual, em detrimento da eficiência energética. A única forma de combater o desperdício de energia nestes casos, é os utilizadores serem sensibilizados e instruídos, pois vai apenas depender do seu bom senso. Por exemplo, num local de escritórios, só devem estar acesas as luzes dos que estão ocupados, não a totalidade e o que acontece muitas vezes é a instalação estar toda ligada sem necessidade. Caso não exista a devida colaboração dos utilizadores, deve recorrer-se a dispositivos de comando automático [40].

## **Gestão Horária**

Para a gestão horária são utilizados os interruptores horários e os automáticos de escada. Os primeiros podem ser mais simples ou complexos como, por exemplo, um simples interruptor multi-posições ou um interruptor horário com display. Os comandos tanto podem ser manuais, como provenientes de um sistema de gestão centralizada. A utilização de interruptores automáticos de escada é mais frequente em zonas de circulação; se estes forem comandados por botões de pressão, a luz será apagada após um tempo regulável.

Para efetuar gestão horária são necessários os seguintes pressupostos [40]:

- Caso o horário de trabalho seja fixo para um edifício/piso - utilização de um ou mais interruptores horários para desligar toda a iluminação;
- Locais de grande dimensão - devem ser utilizados um ou mais interruptores horários, mas com possibilidade de ligar/desligar manualmente.
- Locais de pequena dimensão - é dada prioridade à sensibilização dos utilizadores;
- Zonas de circulação - o nível de iluminação pode ser reduzido em função do horário de utilização;

Com a utilização dos interruptores também se devem ter em atenção os seguintes fatores [40]:

- Comandar apenas a extinção da iluminação, deixando aos utilizadores a liberdade do acendimento;
- Inclusão de comandos locais para restabelecimento de iluminação, caso seja necessário (que não impeça um retorno ao modo automático);
- A extinção automática não pode colocar os utilizadores na obscuridade (deverá ser mantido um nível de iluminação mínimo de modo a possibilitar o caminho para o botão de acendimento).

### **Deteção de Presença**

Esta é uma tecnologia inteligente e eficiente para o controlo da iluminação. Os aparelhos utilizados conseguem reagir aos mais pequenos movimentos e, ao mesmo tempo, medir a iluminância presente no local. Caso seja detetado movimento, ou a iluminância não seja a correta, eles vão atuar acendendo a luz. A utilização destes dispositivos é recomendada em locais cuja ocupação seja ocasional. Pode ser controlo de tipo *tudo ou nada* (luz completamente acesa ou apagada) ou, se a ocupação for mais prolongada, as armaduras podem ser comandadas por um regulador de fluxo luminoso, que vai variar a quantidade de luz consoante as condições estipuladas. A regulação do fluxo das lâmpadas pode estar associada a balastros eletrónicos reguláveis (classe A1). Caso a aplicação seja em zonas de circulação, em vez da deteção de presença também se pode optar por interruptores automáticos de escada [40].

### **Gestão em Função da Iluminação Natural**

A gestão em função da iluminação natural pode funcionar através de uma gestão ligar/desligar, por patamar, ou por variação contínua do fluxo luminoso. A utilização de dispositivos com temporizadores e sensores otimiza a quantidade de luz presente no interior do edifício e até pode ser controlada individualmente. A luz natural é grátis e por isso deve ser aproveitada o melhor possível uma vez que a luz artificial pode atingir 20% de consumo de energia do edifício. Este tipo de gestão funciona eficazmente com lâmpadas fluorescentes, que tenham balastros eletrónicos reguláveis com comando por célula fotoelétrica. Consoante a iluminância medida, o fluxo luminoso das lâmpadas vai ser regulado ("*dimming*"). A rentabilidade do sistema depende dos seguintes fatores [40]:

- Tipo de balastro existente (substituição de ferromagnéticos por eletrónicos reguláveis);
- Orientação da luz solar (existirão zonas com maior incidência do que outras, por isso umas zonas poderão ter as luzes desligadas, outras a percentagens da sua potência máxima e outras à potência máxima);
- Potência total do sistema;

- Custo da energia;
- Configuração da cablagem.

### **Gestão Técnica Centralizada (GTC)**

Os sistemas de GTC são constituídos por sensores e atuadores que permitem, não apenas fazer o controlo dos sistemas de AVAC, mas integram também o controlo e gestão da iluminação, gestão dos sistemas de segurança, contagens de energia elétrica, entre outros, no local ou à distância. Realizam assim o controlo da temperatura ambiente e da qualidade do ar e da iluminação e também monitorizam os equipamentos e comunicam com os sistemas de segurança, som, etc. São chamados centralizados pois a sua informação será enviada para um computador (ou mais do que um). Abrangem vários protocolos como, por exemplo, EIB (*European Installation Bus*) ou KNX, que permitem, no caso da iluminação, combinar as tecnologias já referidas, como a regulação do fluxo luminoso e a programação horária [40] [41].

### **3.2.2. A Eficiência Energética dos Hospitais e o Compromisso do Bem-Estar e Segurança**

A luz ou a sua radiação não afetam apenas o córtex visual, mas também todo o nosso estado de alerta, bem-estar e desempenho. O ritmo circadiano (ciclo biológico diário) e variação sazonal são geneticamente fixos, mas são regulados, em certa medida, pelo meio envolvente, sobretudo pela luz. Face ao aumento dos custos de energia e de preocupação com o meio ambiente, há um grande interesse em utilizar a luz natural como principal fonte de luz de qualquer edifício. A luz proveniente do sol varia com a época do ano, com as condições atmosféricas e com a latitude e longitude do local onde queremos fazer o seu aproveitamento. Apesar dos muitos benefícios que a luz solar nos traz e que vão ser referidos neste subcapítulo, esta também pode causar alguns problemas aos ocupantes dos edifícios. Este aspeto pode não parecer muito provável, mas facilmente se repara, por exemplo, em muitos edifícios de escritórios em que durante o dia as persianas estão quase sempre fechadas, o que demonstra que a existência de um projeto de iluminação natural falhou em alguns casos. De qualquer das formas, a não ser que haja uma razão fundamentada para que não exista a presença de luz natural num edifício, esta deve ser sempre incentivada. A iluminação natural é reconhecida como tendo efeitos positivos e negativos sobre as pessoas, os quais podem ser resumidos nos seguintes tópicos [16] [42].

- Fisicamente, a luz do dia é apenas mais uma fonte de radiação eletromagnética na faixa do visível. Fisiologicamente, a luz é um estimulante eficaz para o sistema visual e para o ritmo circadiano humano. Psicologicamente, a luz do dia e a vista para o exterior são muito desejadas e podem ter benefícios para o bem-estar humano.

- O desempenho na realização de tarefas que são limitadas por visibilidade é determinado pelos estímulos que a tarefa apresenta ao sistema visual e ao estado de funcionamento desse sistema. A luz do dia não é melhor do que a luz elétrica artificial na determinação de qualquer um destes fatores. No entanto, a luz do dia tem maior probabilidade de maximizar o desempenho visual do que a maioria das formas de luz artificial, pois tende a ser entregue em grandes quantidades, num espectro que garante uma excelente reprodução de cor.
- Não existem garantias de que a iluminação natural será sempre melhor sucedida em maximizar o desempenho visual. Ela pode causar desconforto, através de brilho e distração, o que pode diminuir os estímulos que a tarefa apresenta para o sistema visual, produzindo reflexões ou sombras. A eficácia da iluminação natural para o desempenho visual vai, portanto, depender de como ela é entregue.
- Os utilizadores vão tomar medidas para reduzir ou eliminar a luz do dia, se esta causar desconforto ou aumentar a dificuldade de desempenho do sistema visual para a realização da tarefa.
- O desempenho das tarefas visuais ou não visuais vai ser afetado pelo ritmo circadiano humano. Este ritmo não deve ser interrompido, portanto o ser humano ser exposto à forte luz do dia e à pouca luz existente à noite é necessário. O aproveitamento de luz natural vai ser benéfico para as pessoas que têm pouca oportunidade de ir para o exterior.
- Condições de iluminação diferentes podem alterar o humor dos ocupantes de um edifício. Contudo, não existe uma receita que diga quais as condições exatas para se obter o melhor humor. Janelas são favoráveis em locais de trabalho, devido à luz natural e à vista para o exterior que possibilitam, desde que não causem desconforto visual ou térmico, ou falta de privacidade. Devido a estas razões, a presença de janelas bem concebidas contribuirá para melhorar o humor e a sua falta aumentará a má disposição, embora não seja claro se é devido à vista para o exterior ou à entrada de luz natural.

O problema da utilização de luzes artificiais durante a noite é que fazem decrescer os níveis de melatonina (hormona que é produzida pela glândula pineal, no cérebro entre as 21:00 e as 08:00 (dependendo de padrões regulares de sono). Esta hormona é vital para a saúde pois controla o ritmo circadiano, também conhecido como “relógio diário do corpo”. Quando o tempo ou a intensidade de melatonina é interrompido, as funções fisiológicas e mentais são afetadas e isso pode ter impactos na capacidade de dormir bem, pensar claramente, na regulação da pressão do sangue e níveis de glucose, entre outros. Estas interrupções ao sistema circadiano dão-se principalmente durante os meses de Inverno e são consideradas causa primária para “*seasonal affective disorder (SAD)*” [42] [43].

Cada tipo de fonte de luz exibe características físicas referidas como temperatura de cor. Esta característica permite vários tons de luz serem distinguíveis uns dos outros. Temperaturas de cor mais altas têm aparência mais fria e temperaturas de cor mais baixas têm aparência mais quente. As cores estão intimamente ligadas ao humor, causando uma certa reação psicológica, pelo que a escolha da temperatura de cor da fonte de luz torna-se um fator crítico [44].

Para obtenção de maior conhecimento sobre como a luz em redor afeta o nosso bem-estar foi realizado um estudo que determinou que o corpo é influenciado em grande parte pela luz natural. Os efeitos mais positivos em relação ao alerta, bem-estar e desempenho são observáveis em aproximadamente 100 cd/m<sup>2</sup> nas paredes com uma iluminância horizontal de 500 lux. 100 cd/m<sup>2</sup> parece ser o nível ideal para a luz ambiente vertical, o que levanta questões, uma vez que, em escritórios, os valores que se observam são usualmente três a quatro vezes mais baixos (20-30 cd/m<sup>2</sup>). O estudo também demonstrou que a luz ambiente influencia as hormonas do corpo que estão relacionadas com stress e estado de alerta, num tempo relativamente curto. Por conseguinte é possível, utilizando controlos de iluminação algorítmicos, mudar o nosso relógio biológico. Por exemplo, durante as manhãs dos meses de Inverno do ano, aumentar a atividade com mais luz [42].

Quanto ao compromisso com a segurança, há uma ligação óbvia entre esta e a iluminação. Iluminação insuficiente leva ao aumento de taxas de erro e, em muitos casos, pequenas ou mais significativas lesões. Luz insuficiente para a realização de uma tarefa, iluminação desigual, seja de origem natural ou artificial muito brilhante, alta refletância das superfícies, sombras acentuadas, contraste reduzido de tarefas devido a reflexões e *flicker* são fatores que reduzem a segurança e o bem-estar das pessoas.

Para um reforço e garantia da segurança de funcionários e pessoas em situações de emergência é necessário que exista a devida iluminação de emergência bem sinalizada, para serem realizados os devidos procedimentos. Existem regulamentos próprios para este tipo de iluminação. Uma ênfase sistemática no bem-estar e segurança no local de trabalho dos funcionários requer consciência dos riscos, bem como implementação e revisão de normas ao longo do tempo para a sua melhoria [45].

Nos hospitais a iluminação tem duas funções principais: a primeira, que já foi referida, o nível de luz atender às exigências da tarefa a ser realizada em cada área do hospital. Algumas das tarefas que precisam de ser realizadas exigem maiores níveis de desempenho visual e mesmo a segurança dos pacientes pode depender desse mesmo fator. A segunda função, de igual importância, é a da criação de um ambiente que seja visualmente satisfatório, apropriado e compatível com um hospital. Já se sabe que a iluminação pode influenciar as emoções humanas e sentimentos de bem-estar e portanto uma boa iluminação no hospital ajudará a promover a qualidade e competência da instituição [16].



## Capítulo 4

### Caso de Estudo

O presente capítulo caracteriza a unidade hospitalar em estudo, desde a descrição dos serviços, passando pelos consumos de eletricidade, até à desagregação dos mesmos por serviço. É estudada a iluminação de vários locais e são feitas as recomendações devidas.

#### 4.1 - Caracterização da Unidade Hospitalar

##### 4.1.1. Apresentação

Sendo esta dissertação resultante de um trabalho realizado em contexto empresarial, caracterizar-se-á neste capítulo a empresa envolvida. Trata-se da ULSM (figura 70), que é uma Entidade Pública Empresarial (EPE), responsável pela gestão de vários serviços e unidades de prestação de cuidados de saúde na cidade de Matosinhos, nomeadamente o HPH, onde se desenvolveu o trabalho, mas também o agrupamento dos Centros de Saúde do concelho de Matosinhos (ACES), Centro de diagnóstico pneumológico e Unidade de Convalescença.



Figura 70 - Logotipo ULSM

A política da ULSM passa por assumir a qualidade de serviços prestados aos seus utentes e profissionais como um valor fundamental, indo ao encontro das suas necessidades e procurando superar as suas expectativas. Além disso, estrutura os seus processos de trabalho em regulamentos, procedimentos, políticas, protocolos e outros, que definem de forma clara os

requisitos das prestações a realizar. Também efetua auditorias regulares, de modo a permitir o controlo dos processos de trabalho, evidenciando áreas que possam ser melhoradas. O Conselho que administra a empresa está dividido nos seguintes departamentos:

- Serviço de auditoria interna;
- Fiscal único;
- Conselho consultivo;
- Comissões;
- ACES;
- Área clínica hospitalar;
- Cuidados continuados;
- Suporte à prestação de cuidados;
- Gestão e logística.

Mais detalhes sobre estes serviços poderão ser encontrados no organigrama da ULSM que se encontra no Anexo A.

No caso particular desta dissertação, foi realizada no Serviço de Instalações e Equipamentos (SIE) do HPH, que é parte integrante da Área de Gestão e Logística da ULSM. Este serviço visa garantir a qualidade e segurança de todas as instalações e equipamentos, de modo a contribuir para um ambiente seguro, saudável e o mais agradável possível, quer para os pacientes, quer para os colaboradores e visitantes. O SIE propõe-se conceber e fornecer serviços com elevado nível de qualidade, prevenindo riscos e minimizando avarias, ao mesmo tempo que procura promover a satisfação dos clientes e colaboradores, gerindo de forma eficiente os recursos disponíveis e garantindo a aplicação das normas do Sistema de Gestão da Qualidade. Um dos seus objetivos primordiais é, pois, a procura da melhoria contínua da qualidade dos serviços prestados. Desta forma, o SIE contribui para o reforço da implementação das normas de qualidade previstas e descritas no Protocolo de Qualidade Organizacional da instituição e, em particular, do Manual de Qualidade. Este serviço aposta na formação e no reforço da sua componente de Engenharia, de modo a reduzir, de forma gradual, o recurso a empresas externas especializadas, abrangendo também projetos (nomeadamente no âmbito de programas de engenharia) e alocando estagiários para a sua realização, nos mais diversos âmbitos. Reforça a manutenção preventiva sistemática e procura o reforço na obtenção de dados de apoio à gestão da manutenção e respetiva análise, de forma a tentar reduzir custos e promover ações de melhoria. Busca também sensibilizar os profissionais da ULSM com vista à excelência do sistema “produtivo” com particular protagonismo ao nível das chefias intermédias dos serviços [45].

As áreas de intervenção do SIE são as seguintes:

- Manutenção geral de todas as instalações;
- Manutenção geral do equipamento médico e administrativo, avaliação e garantia da sua segurança e funcionalidade;
- Manutenção corretiva, preventiva e operativa de todas as instalações técnicas;



- Manutenção corretiva e preventiva do equipamento médico;
- Planeamento da construção de novas instalações ou alteração das existentes e coordenação das fases de planeamento, projeto, obra e equipamento;
- Implementação de medidas de segurança, verificação e teste às instalações e aos equipamentos imprescindíveis para o funcionamento da ULSM;
- Gestão de risco geral;
- Emissão de parecer técnico sempre que solicitado;
- Acompanhamento da evolução tecnológica e sua implementação na ULSM, sempre que lhe correspondam ganhos de eficiência ou vantagens de natureza ambiental, bem como zelo pela otimização dos recursos existentes e defesa de soluções técnicas que garantam o melhor custo-benefício;
- Responsabilidade pelo inventário de imobilizado em articulação com o serviço de compras e logística.

Embora as obras para a construção do HPH tenham começado em 1987, o projeto de arquitetura começou alguns anos antes, completando-se agora cerca de 30 anos desde o seu início. O HPH foi inaugurado no dia 20 de Março de 1997, pela Dra. Maria de Belém Roseira e substituiu o antigo. As suas instalações foram, ao longo dos anos, alvo de algumas remodelações interiores, devido a questões de reorganização espacial dos serviços e continuam a ser atuais e bastante funcionais.



**Figura 71 - Vista Aérea do HPH**

As instalações do hospital incorporam os seguintes edifícios: edifício principal, edifício do INEM, central de vácuo e ar comprimido e ETAR, sendo que todas foram projetadas de raiz, à exceção do edifício do INEM, em que ocorreu uma única remodelação em 2007 (figura 71). O edifício

principal do HPH tem uma estrutura que se pode dividir em três, sendo a zona interior em forma de H e as extremidades, a que correspondem ao corpo Este e ao corpo Oeste. Existe um corredor central, que interliga todas estas zonas, exceto no último piso que é exclusivamente dedicado a zonas técnicas. É no corredor central que se dá a maior circulação de pessoal, utentes e visitantes, devido a ser o local com acesso aos elevadores e escadas e onde também se dá o transporte interior de refeições, material e equipamentos.

### 4.1.2. Descrição dos Pisos

Na tabela 24 podem observar-se os serviços que cada um dos pisos do edifício principal engloba, tal como é apresentado na entrada do hospital aos utentes.

**Tabela 28 - Pisos e Serviços do HPH**

Piso -1	Piso 0	Piso 1	Piso 2	Piso 3	Piso 4
Consulta Pediatria	Informação, Admissão de Doentes	Imagiologia (Rx/Tac)	Medicina (D)	Bloco de Partos	Urologia (L)
Farmácia	Serviço Social, Gabinete do Utente	Ecografia, Obstetrícia	Medicina (E)	Grávidas de Risco	Medicina (M)
Cuidados Intensivos Médicos	Núcleo de Qualidade, Serviço de Nutrição	Pediatria (A)	Medicina (F)	Urgência e Ginecologia e Obstetrícia	Otorrinolaringologia, Oftalmologia (N)
Consulta de Psicologia	Consultas Externas	Cirurgia (B)	Biblioteca	Neonatologia	Ala O
Serviço de Emergência	Exames Especiais	Cirurgia (C)		Neurologia, Pneumologia	
Medicina Física e de Reabilitação	Administração	Cuidados Intensivos Polivalente		Ortopedia (H)	
Medicina Hiperbárica	Capela, Voluntariado	Bloco Operatório		Cirurgia (I)	
Casa Mortuária	Hospital de Dia			Obstetrícia (J)	
	Anatomia Patológica				
	Hemoterapia, Laboratório de Análises Clínicas				
	Anestesia, INEM				

As áreas marcadas com ( ) são referentes às áreas de internamento.

A unidade hospitalar conta com 8 pisos distintos. Apesar de nesta tabela estarem apenas 6, existem ainda os pisos -2 e 5, só que são áreas restritas e por isso não se encontram listadas. De seguida descreve-se de que consta cada piso e o tipo de serviços que nele é realizado.

## Piso -2

Este piso é de acesso restrito e é o local onde se situa o posto de transformação (PT1), que assegura a alimentação elétrica de todo o hospital. O sistema de alimentação está separado em *modo normal* e *modo de emergência*, sendo que o primeiro garante a alimentação elétrica de todos os serviços, enquanto o segundo apenas a garante aos locais fulcrais. Neste piso estão também localizados os quadros elétricos gerais de cada uma das três zonas do hospital (Este, Oeste e H). É aqui que se encontra a central de trigeriação, que foi colocada em serviço a 6 de Março de 2001, bem como os reservatórios de água. É também neste piso que está localizada a oficina do SIE e os armazéns de diversos serviços do hospital [46].

## Piso -1

Neste piso localizam-se serviços de várias áreas, como a Unidade de Cuidados Intensivos Médicos, a consulta de Pediatria e de Psicologia, bem como de Medicina física e de Reabilitação e ainda de Medicina hiperbárica. Esta última foi iniciada em 2006, sendo a primeira instalação deste tipo num hospital público civil em Portugal, envolvendo o tratamento de patologias (como por exemplo intoxicações por monóxido de carbono) num meio ambiente com pressão superior à atmosférica. Esta é a área médica que se dedica ao estudo, coordenação e prescrição da aplicação terapêutica do oxigénio em meio hiperbárico. Neste mesmo piso encontra-se também um auditório, que é onde se realizam ações de formação obrigatórias para funcionários, bem como a Urgência Geral que, dentro da sua área, tem um pouco de cada serviço e ainda salas de tratamento, de raio-X e de ecografia. No piso -1 podemos encontrar também a zona de restauração, com uma cozinha e um refeitório e também um bar. Além dos serviços referidos, este piso incorpora ainda o serviço de Esterilização, o Serviço de Aprovisionamento e Rouparia, bem como a Farmácia, Casa Mortuária e Arquivo Clínico. Por fim, engloba igualmente os gabinetes das comissões hospitalares e vigilância [46].

## Piso 0

O piso 0 é o acesso principal ao interior do hospital, onde está localizado o posto de informação e também onde se realiza a admissão de doentes. Na entrada possui alguns espaços concessionados, como é o caso de dois bares e um quiosque e existe também uma zona de espera. É neste piso que se localiza a Administração do Hospital e, junto desta, os Serviços Sociais, o Gabinete do Utente e também o SIE, que é o local onde foi desenvolvido o trabalho conducente a esta dissertação. Também alberga as Consultas Externas e Exames especiais. Possui também um núcleo de qualidade e serviço de Nutrição, bem como um Laboratório de Análises Clínicas, Hemoterapia, Anestesia e INEM. Dispõe ainda do serviço de Cirurgia de Ambulatório (local onde se realizam intervenções cirúrgicas que permitem ao utente regressar a casa no mesmo dia em que é operado, sem haver necessidade de internamento) e o Hospital de Dia, onde os utentes recebem cuidados de saúde em períodos menores do que 24 horas. Além de todos estes serviços existe ainda a Anatomia Patológica, onde se faz o estudo de

fragmentos de tecido ou órgãos removidos por biopsia, órgãos (ou parte deles) retirados durante uma intervenção cirúrgica ou autópsia e, ainda, de células em líquidos ou raspagem de tecidos de diferentes partes do corpo e a interpretação dos resultados do estudo destes elementos, por forma a chegar a uma conclusão, tendo em vista um diagnóstico. Por fim, possui ainda uma Capela e uma Secção de Voluntariado.

#### **Piso 1**

Este piso encontra-se dividido de acordo com as três zonas referidas anteriormente. A zona Este corresponde ao Bloco Operatório central, que é composto por cinco salas de operações, com as respetivas salas de indução anestésica, quatro armazéns de material clínico, sala de relatórios, sala de Anatomia Patológica, vestiário de homens e de senhoras e zona social, com sala de reuniões, oito gabinetes, secretariado e copa. A zona H (que interliga a zona Este e Oeste) integra diversos serviços de internamento, nomeadamente, Pediatria, Cirurgia e Cuidados Intensivos. Na zona Oeste temos o serviço de Imagiologia, que integra Raio-X, Tomografia Axial Computorizada (TAC), Ressonância Magnética, Angiografia, Densitometria, Ecografia, entre outras.

#### **Piso 2**

Parte deste piso está ocupado por áreas técnicas, uma refere-se aos equipamentos de AVAC e outra à climatização do bloco operatório do piso 1 e correspondem respetivamente às zonas Oeste e Este do hospital. Este piso destina-se praticamente a internamentos de medicina (na zona H), com 3 zonas distintas. Por fim, está presente neste piso a Biblioteca.

#### **Piso 3**

Alberga os serviços de internamento das áreas de Ortopedia, Ginecologia, Cirurgia e Obstetrícia na zona H e na zona Este tem o Bloco de partos e serviço de grávidas de risco, Urgência e Ginecologia e Obstetrícia, Neonatologia, Neurologia e Pneumologia.

#### **Piso 4**

A zona H deste piso engloba as zonas de internamento respeitantes às especialidades de Urologia, Medicina, Otorrinolaringologia e Oftalmologia. Tem também duas áreas técnicas dos elevadores da zona Este.

#### **Piso 5**

Este último piso encontra-se apenas na zona H do edifício principal do hospital e é acessível unicamente por escadas. É uma área restrita, pois aí estão localizados equipamentos de AVAC mas também áreas técnicas dos elevadores desta zona.

Mais informações acerca do HPH podem ser encontradas em <http://www.ulsm.min-saude.pt/> e a sua localização é na Rua Dr. Eduardo Torres 4464-513, Senhora da Hora, com o contacto telefónico +351 229 391 000.

### 4.1.3. Horário de Funcionamento dos Serviços

Apresentam-se nesta secção os horários dos principais serviços do HPH. Estes foram separados por zonas, devido ao tipo de atividades que neles são desempenhadas serem diferentes (tabela 29).

Tabela 29 - Número de Horas de Serviço das Várias Zonas do Hospital

Zonas	Número de horas em funcionamento	
	De segunda a sexta-feira	Sábado e Domingo
Administrativas	8	0
Armazenamento	13	0
Bloco Operatório	24	24
Casa Mortuária	7	3
Comuns	24	24
Consultas	10	0
Exames	24	24
Laboratórios	24	24
Internamento	24	24
Restauração	15	15
Técnicas	0	0
Urgência	24	24

### 4.1.4. Consumos de Eletricidade

Tendo sido elaborado recentemente o relatório de apoio à gestão do SIE e Equipamentos do 4º trimestre de 2013 pelos seus membros, nesta secção vão ser apresentados os resultados obtidos quanto aos consumos de eletricidade e também se identifica como é feita a desagregação destes consumos.

Além deste documento possibilitar uma análise comparativa com o que tinha ocorrido no ano anterior, também possibilita a monitorização do cumprimento dos objetivos impostos pelo despacho n.º 4860/2013 do Ministério da Saúde, que refere uma redução dos consumos de eletricidade e gás em 10% do período entre 2011 e 2013.

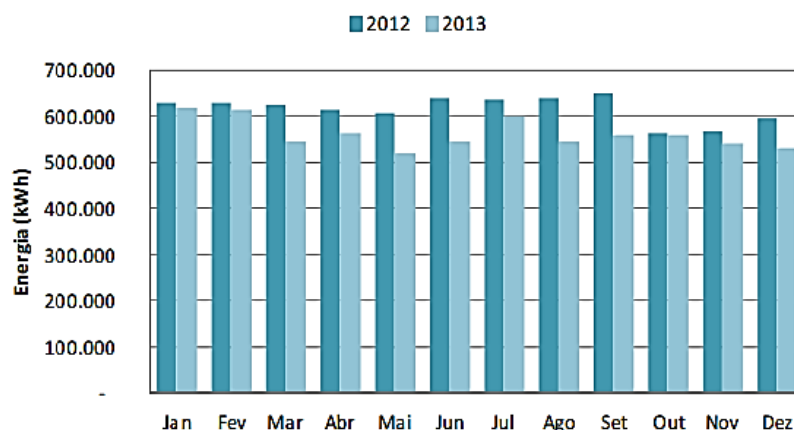
**Tabela 30 - Análise dos Consumos / Custo Anual da Eletricidade no HPH (Realizado no 4º Trimestre de 2012 e 2013)**

Mês	Custo Total		Energia Consumida (kWh)		Custo médio por kWh	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013
Jan	65.456,07 €	64.418,75 €	629.114	617.968	0,1040 €	0,1042 €
Fev	65.814,35 €	64.314,66 €	628.899	615.535	0,1047 €	0,1045 €
Mar	65.134,63 €	56.846,54 €	624.260	543.142	0,1043 €	0,1047 €
Abr	64.844,13 €	59.139,68 €	613.363	562.874	0,1057 €	0,1051 €
Mai	63.999,22 €	54.765,51 €	605.998	519.437	0,1056 €	0,1054 €
Jun	67.360,18 €	58.058,80 €	638.068	546.304	0,1056 €	0,1063 €
Jul	67.621,21 €	63.416,34 €	636.499	599.574	0,1062 €	0,1058 €
Ago	67.360,52 €	57.352,39 €	641.164	545.729	0,1051 €	0,1051 €
Set	68.991,84 €	59.339,94 €	650.875	558.261	0,1060 €	0,1063 €
Out	59.908,83 €	59.623,36 €	561.825	560.709	0,1066 €	0,1063 €
Nov	59.651,94 €	56.929,33 €	566.040	539.637	0,1054 €	0,1055 €
Dez	62.790,07 €	55.592,32 €	596.173	531.197	0,1053 €	0,1047 €
<b>Total Geral</b>	<b>778.932,99 €</b>	<b>709.799,87 €</b>	<b>7.392.278</b>	<b>6.740.367</b>	<b>0,1054 €</b>	<b>0,1053 €</b>
<b>Média mensal</b>	<b>64.911,08 €</b>	<b>59.149,99 €</b>	<b>616.023</b>	<b>561.697</b>		
<b>Média diária</b>	<b>2.128,23 €</b>	<b>1.944,66 €</b>	<b>20.197</b>	<b>18.467</b>		
<b>Variação 2012-2013</b>	<b>-69.133,12 €</b>		<b>-651.911 kWh</b>		<b>-0,0001</b>	
	<b>-8,9%</b>		<b>-8,8%</b>		<b>-0,1%</b>	

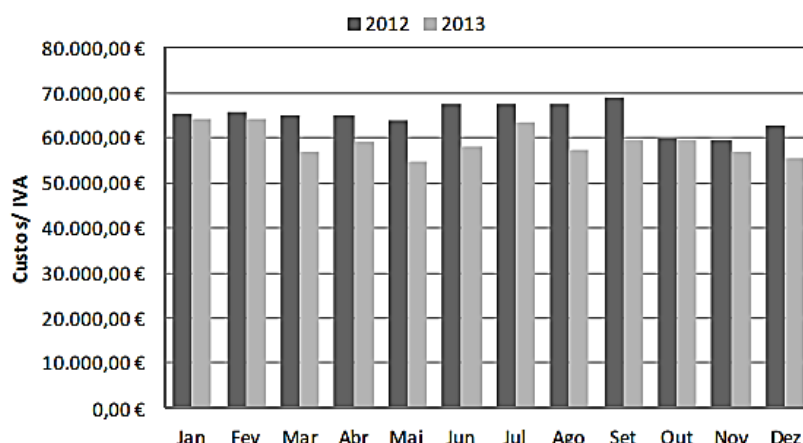
Através da análise da tabela 30, é possível observar de imediato que o consumo de energia do HPH no ano de 2013, comparativamente a 2012, teve uma redução de 651.911 kWh, o que representa um decréscimo de 8,8% e uma redução de custos de 69.133,12 €, que apresenta um decréscimo de 8,9% no custo da energia. Estas medições de energia consumida anual foram realizadas no 4º Trimestre do ano 2012 e de 2013. Esta poupança notável foi conseguida mesmo com a utilização do chiller elétrico (que consome mais energia) para suprir a necessidade de frio, devido a uma avaria no chiller de absorção, que o manteve inativo durante quase a totalidade do 1º trimestre de 2013.

O SIE estima, assim, que se resolva a situação do contrato de cogeração, que fará com que o custo energético da cogeração passe a ser suportado pela empresa adjudicatória, uma redução de 5% da fatura mensal do HPH que resultará numa diminuição de custo e consumo considerável.

Nas figuras 72 e 73 pode fazer-se a análise comparativa dos consumos e custos de eletricidade dos anos 2012 e 2013 no HPH.



**Figura 72 - Análise Comparativa dos Consumos de Eletricidade no HPH (Realizado no 4º Trimestre de 2012 e 2013)**



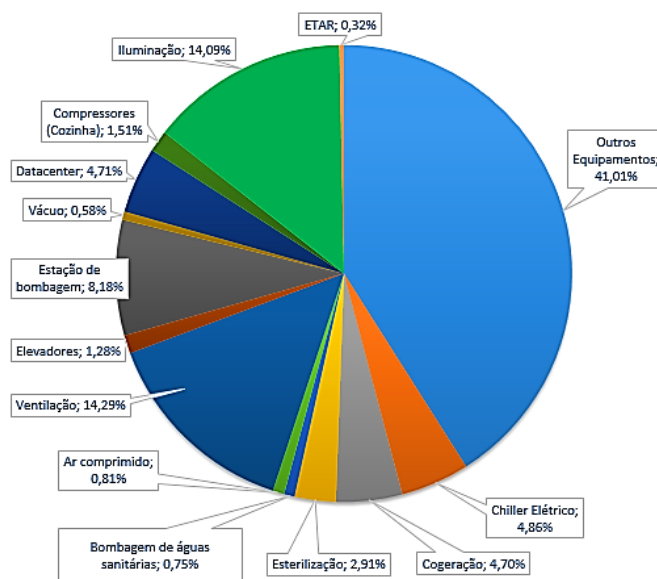
**Figura 73 - Análise Comparativa dos Custos de Eletricidade no HPH (Realizado no 4º Trimestre de 2012 e 2013)**

Na figura 72 conseguem observar-se reduções significativas dos consumos de eletricidade no HPH, os quais foram consequência de revisão de horários de funcionamento de alguns equipamentos, sobretudo das instalações de AVAC. Estes parâmetros foram ajustados em Setembro de 2012 e também houve alterações do horário de funcionamento dos sistemas de iluminação, tendo sido desligados alguns circuitos que foram automatizados.

Devido a terem sido instalados contadores parciais (Abril de 2012), foi possível realizar uma imputação dos custos por serviço / centro de custo, o que possibilitou ao SIE fazer uma desagregação dos consumos da fatura de eletricidade do HPH que será mencionada na secção seguinte.

#### 4.1.5. Desagregação de Consumos

Realizada pelo SIE, a figura 74 mostra a desagregação de consumos de eletricidade do HPH no ano de 2013.



**Figura 74 - Desagregação de Consumos do HPH no ano de 2013**

No seguimento dos resultados obtidos, o SIE tem atuado sobre cada uma das parcelas de consumo de energia de forma a reduzir os seus custos, destacando-se desde já as medidas adotadas com vista a reduzir os consumos dos sistemas de ventilação. Foi também realizado um investimento em iluminação mais eficiente, nomeadamente a troca de balastros ferromagnéticos por eletrónicos que tem sido continuada no ano de 2014. Em Outubro de 2013 foi terminada a instalação de 350 Ecotubos.

Os Ecotubos foram instalados nas áreas de Medicina Física e Reabilitação e em 12 enfermarias. Também foram instaladas 46 lâmpadas LED que inicialmente estavam previstas para o Bloco Operatório mas que devido às suas características (nomeadamente temperatura de cor) acabaram por ser instaladas no Serviço de Imagiologia.

O cumprir da meta de redução de 10% do consumo de eletricidade entre 2011 e 2013, previsto no Despacho nº. 4860/2013, foi possível devido às ações implementadas pelo SIE, das quais se destacam as seguintes:

- Ajuste das baterias de condensadores de acordo com novos parâmetros de faturação da energia reativa ( $\cos \phi=0,96$ );
- Nova análise com os departamentos de medidas de redução de consumo e sensibilização dos profissionais;
- Verificação da iluminação nas rondas noturnas efetuadas pelos serviços de vigilância;
- Avaliação, com o Serviço de Informática, do sistema centralizado de poupança de energia nos terminais informáticos (computadores e monitores).

No presente, é necessário cumprir mais uma redução de custos, desta vez de 3% durante o ano de 2013 e 2014, o que significa que a implementação de novas medidas de eficiência energética e monitorização vai continuar. Estas medidas têm de ser estudadas, para se aferir se a realização de investimentos é viável para alcançar a meta de poupança.

Desde Janeiro de 2009, ao abrigo do decreto-lei nº 79/06, é obrigatória a realização da certificação energética do HPH. Deste modo é possível identificar as medidas e ações de forma a conseguir obter a diminuição dos consumos de eletricidade. Um dos objetivos para os anos de 2014 e 2015 é a realização de uma auditoria, cuja primeira inspeção ocorreu no mês de Maio.

## 4.2 - Estudo do Hospital

Como foi referido anteriormente, o HPH optou por tomar medidas de aquisição de equipamentos de luz mais eficientes, como Ecotubos, para substituição das lâmpadas fluorescentes mais convencionais T8, sem necessidade de investimento na troca de armaduras ou de balastros ferromagnéticos por eletrónicos. A quantidade de Ecotubos adquirida (350 unidades) está presente, na sua maior parte, nos corredores do hospital, mas também existem algumas salas e gabinetes que as possuem. Ainda quanto aos corredores, os do serviço de



imagiologia possuem já lâmpadas do tipo LED. Contudo (à exceção dos corredores), ainda estão presentes no edifício muitas lâmpadas do tipo T8, que aumentam os consumos.

#### **4.2.1. Método de Medição e Equipamento e Programa Utilizado**

Para se obter eficiência energética é necessário primeiro conhecer a realidade, através da aquisição de dados. Só mediante uma quantificação dos consumos energéticos se pode realizar uma análise, de modo a ter a noção concreta do estado das coisas, para se conseguir aceder às áreas onde é necessário intervir para melhorar.

Para a realização das medições foi necessário um estudo prévio dos locais que se pretendiam analisar. Após este processo e com o fornecimento das plantas do HPH em ficheiro Autocad (Anexo B) por parte do SIE, foram encontrados e escolhidos os locais a analisar. Foi realizado um levantamento das dimensões de cada local, bem como do seu *layout*. Com o auxílio do luxímetro e de acordo com as condições estabelecidas na norma (como o fechar as persianas / estores para fazer o estudo) que foram referidas no capítulo dois, foram realizadas as medidas nos locais mais importantes da área em análise. Em cada local realizou-se uma medição central e depois ao seu redor, com o máximo de um meio metro de distância, até ao início da zona circundante e foram registados todos os valores obtidos neste processo. Ouviram-se opiniões de alguns utilizadores, para ajudar a intervir nos locais onde se situavam os problemas e analisaram-se alguns fatores que podiam estar a influenciar a qualidade da iluminação. Os resultados obtidos serão expostos em ambiente Autocad pois nele foram desenhadas e colocadas as luminárias dos espaços analisados, com a respetiva fonte de iluminação. Posteriormente passaram-se as medições obtidas também para este ambiente, para facilitar a exposição dos resultados. Em cada espaço foi calculada a iluminância geral medida. Com os valores obtidos, foi realizada uma comparação com os estipulados nas normas para ver se estavam de acordo relativamente às iluminâncias médias para cada local. Se cumprissem os objetivos não seria necessário realizar alterações (em termos de iluminância) mas se não cumprissem seria necessário determinar objetivos para cada local de modo a obter os valores estipulados. Avaliou-se o consumo energético em cada local e serão dadas recomendações sobre o que fazer para cada situação. Partindo das problemáticas e potenciais soluções encontradas, efetuou-se um cálculo de rentabilidade económica, de modo a ajudar o SIE a ser mais eficiente energeticamente e a providenciar aos seus utilizadores uma melhor iluminação, tanto para o seu bem-estar como para a sua segurança.

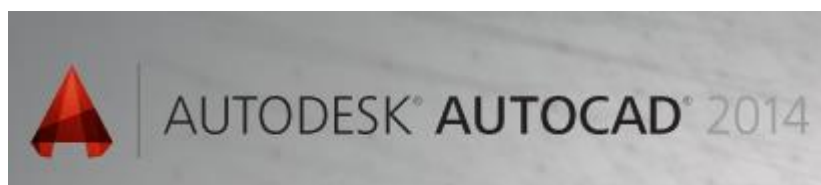
O equipamento utilizado para realizar as medições em todos os espaços foi o luxímetro HT307.



**Figura 75 - Luxímetro HT307**

É um luxímetro digital com foto sensor embutido e saída DC analógica (figura 75). Consegue medir iluminâncias até 200,000 lux e é extremamente compacto e fácil de utilizar. A peculiaridade deste modelo é o foto sensor que permite a realização de testes rápidos com apenas uma mão, o que faz dele um instrumento ideal para controlar e verificar a iluminação de ambientes domésticos e industriais. Este aparelho está em conformidade com as normas internacionais da CIE relativamente à resposta espectral. A *datasheet* deste dispositivo encontra-se disponível no Anexo C.

O programa utilizado para a divulgação dos resultados obtidos e também, na fase inicial, para encontrar os locais onde realizar as medições foi o Autocad 2014 da Autodesk Inc. No presente estudo foi utilizado para desenho de luminárias e mobiliário e difusão de medições num espaço.



**Figura 76 - Logotipo Autocad 2014**

#### **4.2.2. Caraterísticas dos Locais, Medição de Iluminância, Verificação com a norma EN-12464 e Recomendações**

Antes da realização do estudo, convém atentar no Anexo D onde se encontra a legendagem das ilustrações realizadas em Autocad relativamente às luminárias e às lâmpadas utilizadas em cada espaço e ao Anexo E onde está a demonstração dos cálculos da análise económica para cada um dos casos. Vão ser descritos os vários locais onde foram realizadas as medições, discutida a sua aprovação ou não mediante as normas e o que fazer consoante esses resultados.

#### 4.2.2.1. Enfermarias

A iluminação de enfermarias deve satisfazer os requisitos, tanto dos pacientes como das equipas de enfermagem, durante o dia, tarde e noite. É necessária uma iluminação central da enfermaria, para permitir uma circulação segura e para procedimentos gerais de limpeza. A iluminação das camas dos pacientes, hoje em dia, deve ser individual, de forma a incentivar a economia de energia quando alguma cama não se encontra ocupada. O mais importante é que a iluminação ajude na criação de um ambiente agradável e acolhedor.

Para a realização de cuidados de enfermagem, a área da cama deve ter uma iluminância de pelo menos 300 lux com uniformidade 0,5 ou melhor. A iluminância no espaço central entre camas deve ser inferior a uma média de 100 lux ao nível do chão, um nível que será suficiente para as atividades gerais de um paciente sem perturbar os restantes. Também é prática comum, em enfermarias com mais do que um paciente, a existência de cortinas de cama que são corridas para possibilitar alguma privacidade. Quando isto acontece, a iluminância na cama não deve ser reduzida mais do que 25%, quando comparada sem cortina. A iluminância mínima aceitável é de 75 lux para a área geral, quando as cortinas isolam as camas. A iluminação para enfermarias e salas de enfermagem pode ser realizada de várias formas. Geralmente são utilizadas luminárias montadas no teto, mas estas são complementadas com iluminação na cama, que pode ser composta por lâmpadas fluorescentes compactas ou fluorescentes lineares em luminárias de teto rebaixado e posicionadas centralmente à área da cama, ou então por luminárias montadas na parede, que combinem luz direta e indireta, o que é o caso do HPH. Este último método possui numerosas vantagens pois a luz direta permite aos pacientes realizar tarefas que sejam visualmente exigentes, tais como ler. A componente indireta da luz fornece uma luz não ofuscante e a iluminação é mais suave para o ambiente o que deixa os pacientes mais relaxados. Quando combinadas, as duas componentes podem proporcionar o maior nível de iluminação necessário para exame ou cuidados de enfermagem [16].

##### Enfermaria (com WC)

No HPH estão diariamente ocupadas por pacientes cerca de 350 camas. No presente caso, foi medida a iluminância de uma enfermaria de duas camas (que só conta atualmente com uma), mas também existem quartos com capacidade para três. Não foram realizadas medições nestes últimos, para não perturbar os pacientes, uma vez que não havia nenhum livre. Na tabela 31 apresentam-se algumas informações acerca desta enfermaria.

Tabela 31 - Características Enfermaria

Enfermaria	Informações
Localização	Piso 1
Setor	Cirurgia B
Período de Funcionamento	24 Horas por dia, 7 dias por semana, se ocupado
Dimensões (Área)	6,5 x 3,5 (22,75m <sup>2</sup> )

Para melhor evidenciar as condições em que se realizaram as medições de iluminância, foram tiradas fotografias ao espaço, as quais se podem ver nas figuras 77 e 78.



Figura 77 - Enfermaria (Fotografia 1)



Figura 78 - Enfermaria (Fotografia 2)

Esta enfermaria possui casa de banho privativa, onde também foram medidas as condições de iluminação. Tem presente uma LFC no teto de 8 W e, em cima do espelho, uma lâmpada fluorescente T8 de 15W, como se pode observar nas figuras 79 e 80.



**Figura 79 - Casa de Banho Privativa Enfermaria (Fotografia 1)**



**Figura 80 - Casa de Banho Privativa Enfermaria (Fotografia 2)**

As casas de banho presentes no HPH estão equipadas com detetores de presença, de modo a poupar energia quando o espaço não estiver a ser utilizado, sendo que estes têm um tempo definido de atuação. Testado o sensor nesta casa de banho, após deteção de presença acendeu a luz durante 15 minutos. Neste caso em particular e devido à presença de chuveiro, o detetor

de presença não seria viável, uma vez que se alguém se encontra a tomar banho não é possível detetar movimento devido à presença da cortina. Não deve ser um caso único nestas instalações, pelo que poderia ser dada alguma atenção a este aspeto, em virtude da segurança dos pacientes estar em causa, uma vez que se podem encontrar com falta de luz enquanto estão a tomar banho. Na figura 81 encontra-se a planta desta enfermaria com a respetiva representação da iluminação em ambos os compartimentos.

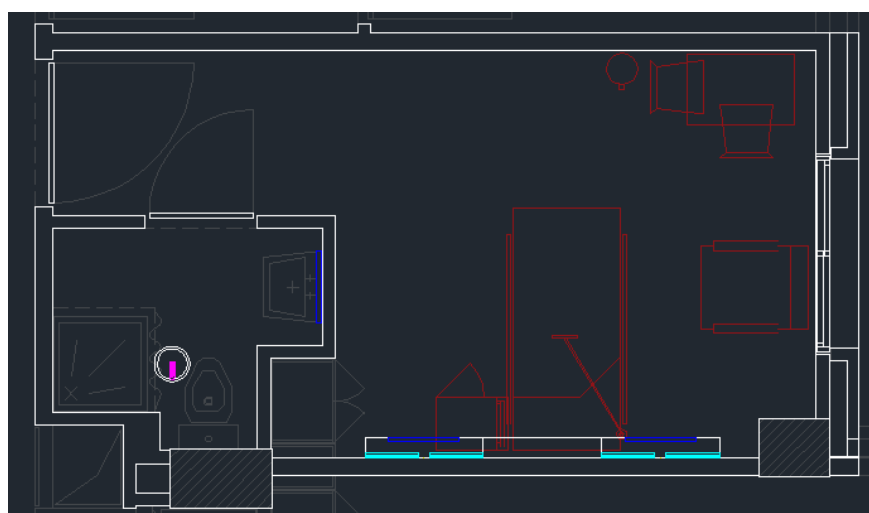


Figura 81 - Planta Autocad da Enfermaria e Casa de Banho Privativa

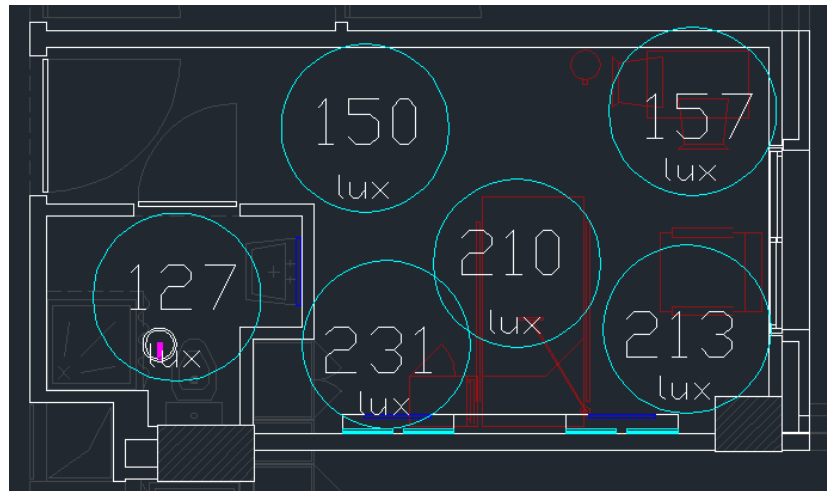
De acordo com a norma EN-12464 estão listados os valores ideais para as características de iluminação destes espaços, que se encontram indicados na tabela 32.

Tabela 32 - Características Ideais de Iluminação para Enfermarias [20]

Table 5.39 — Health care premises – Wards, maternity wards

Ref. no.	Type of area, task or activity	$\bar{E}_m$ lx	$UGR_L$ —	$U_o$ —	$R_a$ —	Specific requirements
						Too high luminances in the patients' visual field shall be prevented.
5.39.1	General lighting	100	19	0,40	80	Illuminance at floor level.
5.39.2	Reading lighting	300	19	0,70	80	
5.39.3	Simple examinations	300	19	0,60	80	
5.39.4	Examination and treatment	1 000	19	0,70	90	
5.39.5	Night lighting, observation lighting	5	-	-	80	
5.39.6	Bathrooms and toilets for patients	200	22	0,40	80	

Foram realizadas as medições com o auxílio do luxímetro. A persiana da janela foi fechada de modo a possibilitar medições mais exatas e confiáveis, uma vez que estamos a medir a iluminação artificial e a iluminação proveniente do exterior varia ao longo do dia.



**Figura 82 - Planta Autocad da Enfermaria e Casa de Banho Privativa com Medições de Iluminância**

Na enfermaria foram realizadas 5 medições, sendo a mais importante a que foi realizada sobre a cama, pois é o local onde as equipas de enfermagem observam o paciente e onde este também pode efetuar atividades de leitura, etc. Além desta medição, as restantes foram realizadas: uma na secretária, outra junto à cadeira e as restantes ao nível do chão. Devido às pequenas dimensões da casa de banho foram realizadas algumas medições ao centro, tendo-se indicado o seu valor médio.

Na enfermaria temos presente uma iluminância média de 192 lux, enquanto na casa de banho temos de 127 lux. Comparando com os valores da tabela 32 para a enfermaria, a iluminância geral encontra-se acima do valor estipulado, que é de 100 lux. O problema reside na zona da cama, onde a iluminância média é de 210 lux. Ora como este é o local específico onde se podem realizar exames / tratamentos (por exemplo curativos ou medicação) e onde deveria também existir luz que permita a leitura, a norma indica um valor de 300 lux de iluminância média. Para resolver esta questão e uma vez que este espaço apenas possui luminárias na parede junto à cama, o que se sugeria era a adição de um candeeiro (que fosse amovível e flexível) por cama, ou por cada duas, ou por quarto e que estivesse equipado com lâmpada LED de casquilho E14 ou E28.

Verifica-se a entrada de muita luz natural, devido à presença de uma janela e também a iluminação de parede presente, que é constituída por duas lâmpadas fluorescentes de casquilho de 4 pinos (casquilho 2G11) de 36W cada e que fazem de iluminação indireta e uma lâmpada fluorescente tubular de 18W a que corresponde a iluminação direta. Cada luminária de parede para uma cama corresponde a 90W de potência consumida.

Os resultados do estudo económico encontram-se representados nas tabelas 33 e 34 para as quatro lâmpadas existentes por cama e as características das lâmpadas em questão e os procedimentos de cálculo utilizados encontram-se no anexo E. Foi considerada a utilização deste tipo de lâmpadas durante 8 horas por dia durante todo o ano.

**Tabela 33 - Consumo Anual Tecnologia Existente e Soluções por Cama**

	Situação	Potência	Redução (%)	Redução (W)	Consumo Anual (kWh)
Atual	2G11 36W + T8 18W	90W	-	-	262,8 kWh
Proposta	2G11 22W + T5 14W	58W	35,56%	32W	169,4 kWh

**Tabela 34 - Análise Viabilidade de Investimento das Soluções por Cama**

Situação	Preço Un.	Investimento (€)	Custo Anual (€)	Poupança (€)	Retorno
2G11 36W +T8 18W	-	-	27,68€	-	-
2G11 22W +T5 14W	5,95€ 1,85€	13,75€	17,84€	9,84€	1,4 anos

Com a substituição das lâmpadas de 36W por 22W e com as de 18W por 14W, os níveis de iluminação vão ser reduzidos um pouco, o que não é problema pois a iluminância geral encontra-se acima do nível estipulado nas normas. Para cada cama, com um investimento de 13,75€, consegue-se uma poupança de 9,84€ por ano, o que significa que passados 1,4 anos já se estará a receber o retorno do investimento, o que é um período excelente.

Quanto à casa de banho, segundo a norma devia encontrar-se uma iluminância média de 200 lux e na realização das medições apenas apresentava 127 lux de iluminância média. De modo a aumentar este valor, sugere-se que a LFC de 8W fosse substituída por uma de potência superior (por exemplo de 16W), sendo posteriormente realizadas novas medições até se obter o valor pretendido.

### Sala de Enfermagem

As salas de enfermagem da consulta externa são salas para o tratamento de doentes, por exemplo para a realização de curativos (tabela 35).



Tabela 35 - Características Sala de Enfermagem

Sala de Enfermagem	Informações
Localização	Piso 0
Setor	Consulta Externa
Período de Funcionamento	08:00 - 20:00, dias úteis
Dimensões (Área)	5,3 x 3,7 (19,61 m <sup>2</sup> )

Para mostrar as condições em que se realizaram as medições de iluminância foi tirada uma fotografia ao espaço, que se pode ver na figura 83.

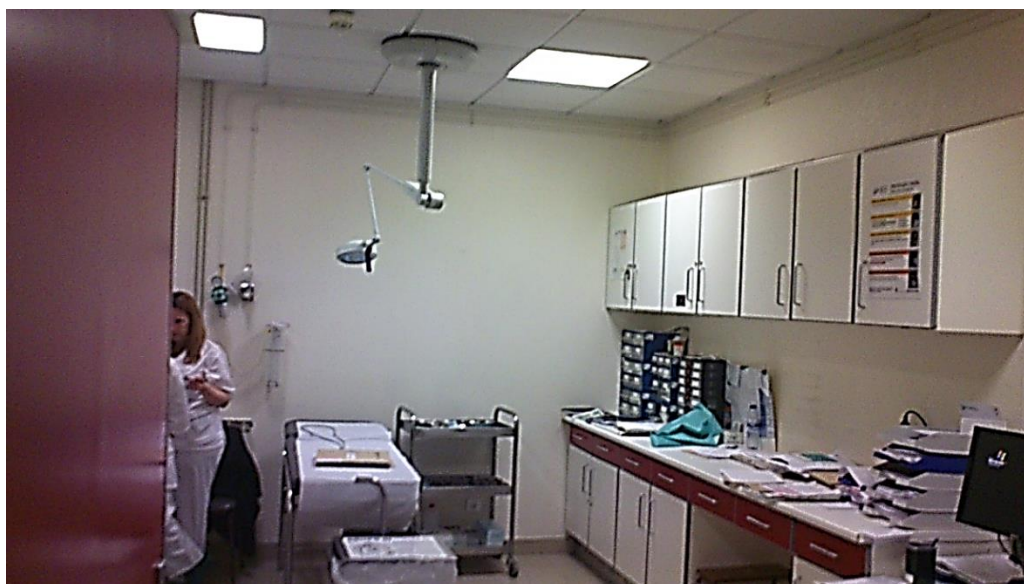


Figura 83 - Sala de Enfermagem

Como se pode verificar, nesta sala não existe iluminação natural, dado situar-se na parte interior do edifício. Está dotada de 4 armaduras, com 4 lâmpadas T8 de 18W cada uma. Na figura 84 podemos visualizar a planta desta sala com as luminárias representadas.

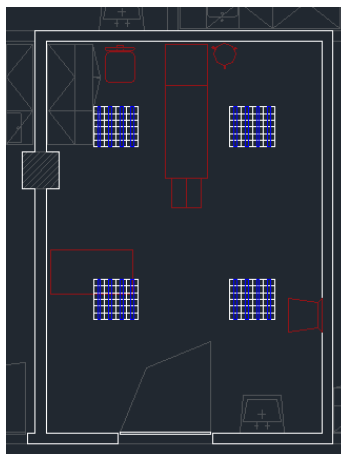
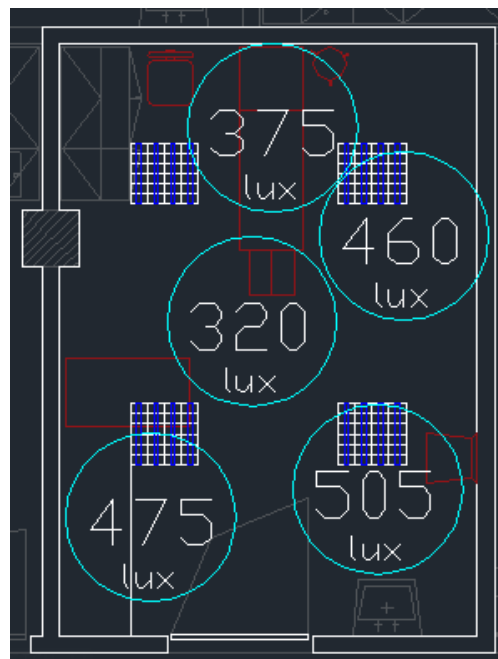


Figura 84 - Planta Autocad da Sala de Enfermagem

Para as salas de enfermagem, seguem as características ideais da tabela 32. Foram realizadas as medições indicadas na figura 85.



**Figura 85 - Planta Autocad da Sala de Enfermagem com Medições de Iluminância**

Os locais mais relevantes onde foram realizadas medições neste espaço foram a maca e a secretária, onde está o computador. As restantes iluminâncias foram medidas ao nível do chão e encontram-se com valores superiores aos estipulados na norma. A iluminância média total do espaço é de 427 lux. Na zona junto à maca, local onde se fazem os exames e tratamentos, temos presente uma iluminância média de 375 lux, quando seriam necessários 1000 lux. Para colmatar este problema, temos presente o auxílio de um foco de iluminação, que possibilita a obtenção da iluminância requerida para a realização da tarefa. Como apenas é necessária uma iluminância específica para os locais onde se encontram a maca e o computador e como a iluminação total da sala de enfermagem consome 288W potência, recomenda-se a substituição das lâmpadas T8 por T5 de 14W, as quais consumirão uma potência de 224W. Isto corresponde quase a desligar uma das atuais armaduras (em termos de potência) e com as lâmpadas fluorescentes T5 conseguir-se-iam obter valores de iluminância próximos dos registados. Foi considerado para os cálculos que estas salas estão em funcionamento 10 horas por dia, durante os dias úteis e apresentados os resultados nas tabelas 36 e 37.

**Tabela 36 - Consumo Anual Tecnologia Existente e Soluções por Sala de Enfermagem**

	Situação	Potência	Redução (%)	Redução (W)	Consumo Anual (kWh)
Atual	T8 18W	288W	-	-	840,96 kWh
Proposta	T5 14W	224W	22,22%	64W	654,08 kWh

**Tabela 37 - Análise Viabilidade de Investimento das Soluções por Sala de Enfermagem**

Situação	Preço Un.	Investimento (€)	Custo Anual (€)	Poupança (€)	Retorno
T8 18W	-	-	110,71€	-	-
T5 14W	1,80€	29,6€	93,49€	17,22€	1,72 anos

Com a substituição das atuais lâmpadas T8 de 18W por lâmpadas T5 de 14W obter-se-á uma poupança de 17,22€ por ano, o que, com um investimento inicial de 28,8€, proporciona retorno após 1,67 anos.

#### 4.2.2.2. Salas de Imagiologia

O serviço de imagiologia é composto por várias salas, chamadas de salas de exames. Este serviço localiza-se no piso 1 e engloba três salas de ecografia, quatro salas de radiologia convencional digital (Raio-X), uma sala de mamografia digital, uma sala de osteodensitometria, uma sala de angiografia digital, duas salas TAC e uma sala de ressonância magnética. Foram realizadas medições em duas salas de TAC e uma sala de Raio-X. Por razões óbvias não puderam ser efetuadas medições na sala de ressonância magnética pois, devido ao campo magnético presente, iria fazer com que o dispositivo de medição deixasse de funcionar. Estas salas não possuem grandes requisitos de iluminação, necessitando apenas de uma iluminação geral, pois as máquinas que fazem os diferentes exames possuem as suas próprias fontes de luz.

##### Sala de TAC nº 9

Tal como foi referido, no HPH existem duas salas de TAC e foram realizadas medições de iluminação a ambas (tabela 38).

**Tabela 38 - Características Sala de TAC nº 9**

Sala de TAC nº 9	Informações
Localização	Piso 1
Setor	Imagiologia
Período de Funcionamento	8 Horas por dia, dias úteis
Dimensões (Área)	5,7 x 5,2 (29,64 m <sup>2</sup> )

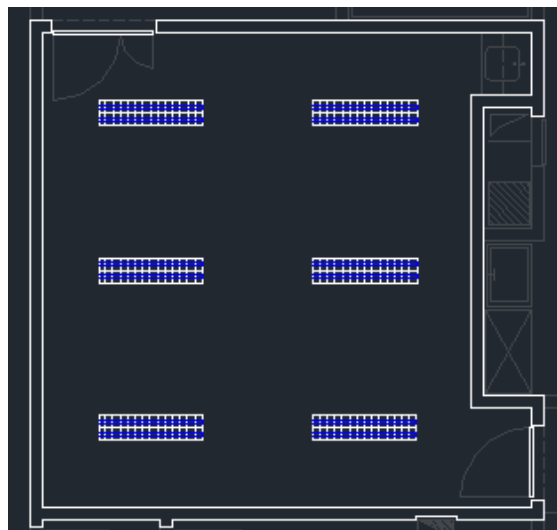
Pode notar-se na figura 86 que a sala dispõe de 6 armaduras que englobam 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T8 cada uma. Um dos problemas nesta sala foi apresentar duas

lâmpadas fundidas, o que influenciou a qualidade das medições, mas eram as condições em que encontrava o local.



**Figura 86 - Sala de TAC nº 9**

Na figura 87 apresenta-se a planta desta sala, com a disposição das suas luminárias e respetivas lâmpadas, esta sala não apresenta luz natural pois está localizada no interior do edifício.



**Figura 87 - Planta Autocad da Sala de TAC nº 9**

Na tabela 35 podemos ver que estas salas deveriam ter 300 lux como média de iluminação geral.

Tabela 39 - Características Ideais de Iluminação para Salas de Exames [20]

Table 5.43 — Health care premises – Scanner rooms

Ref. no.	Type of area, task or activity	$\bar{E}_m$ lx	$UGR_L$ –	$U_o$ –	$R_a$ –	Specific requirements
5.43.1	General lighting	300	19	0,60	80	
5.43.2	Scanners with image enhancers and television systems	50	19	-	80	DSE-work, see 4.9.

As medições efetuadas encontram-se na figura 88.

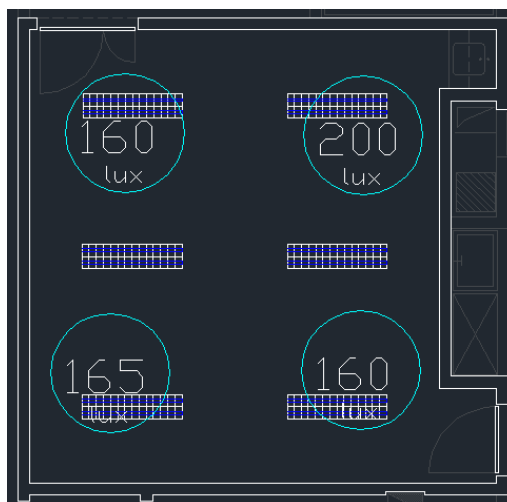


Figura 88 - Planta Autocad da Sala de TAC nº 9 com Medições de Iluminância

Como apenas existem normas para iluminação geral neste caso, foram realizadas medições nos quatro cantos da sala, uma vez que o centro estava ocupado pela instrumentação de TAC. A iluminância média obtida foi de 171 lux, o que, com apenas quatro lâmpadas acesas na sala (de um total de 12, ou seja, um quarto das lâmpadas, não tendo sido possível acender as restantes) até é um valor elevado.

A potência de cada uma das lâmpadas T8 é de 36W e a cada uma corresponde um balastro. No hospital tem vindo a substituir os balastros ferromagnéticos (classe C) por eletrónicos (classe A3), pelo que não se sabe quais os que se encontravam em funcionamento na sala. Assim sendo, se a sala estiver munida com balastros de classe C, a potência que corresponderá cada lâmpada será de 45W o que faz com que a potência total da sala seja de 540W; caso esteja equipada com balastros de classe A3, a potência que corresponderá cada lâmpada será de 38W o que faz com que a potência total da sala seja de 456W. Nas tabelas 40 e 41 está a comparação para os dois tipos de balastros e também novas soluções. Pensa-se que, se toda a iluminação estivesse ligada, seria possível obter os valores estipulados pela norma. Uma vez que não houve possibilidade de fazer medições com toda a aparelhagem de iluminação ligada e também devido ao facto desta sala funcionar 24 horas por dia, 7 dias por semana (não significando que a iluminação se encontra ligada em todo este período pois não está ligada se não estiver a ser utilizada), sugere-se a substituição das lâmpadas T8 por Ecotubos de 31W (que já incorpora

balastro) ou por lâmpadas LED de 18W (que não necessitam de balastro). A potência total da sala se estivesse equipada com Ecotubos seria de 372W e se fosse equipada com lâmpadas LED seria de 216W. Para a realização da análise económica foi considerado que estas salas se encontram em funcionamento 8 horas por dia durante os dias úteis.

**Tabela 40 - Consumo Anual Tecnologia Existente e Soluções na Sala de TAC nº 9**

	Situação	Potência	Redução (%)	Redução (W)	Consumo Anual (kWh)
<b>Atual</b>	Balastro Magnético (T8)	540W	-	-	1.127,5 kWh
<b>Atual</b>	Balastro Eletrónico (T8)	456W	15,56%	84W	952,128 kWh
<b>Proposta 1</b>	Ecotubo (T5)	372W	31,11%	168W	776,736 kWh
<b>Proposta 2</b>	LED	216W	60%	324W	451,01 kWh

**Tabela 41 - Análise Viabilidade de Investimento das Soluções na Sala de TAC nº9**

Situação	Preço Un.	Investimento	Custo Anual	Poupança	Retorno
<b>Balastro Magnético (T8)</b>	-	-	118,75€	-	-
<b>Balastro Eletrónico (T8)</b>	-	-	100,28€	18,47€	-
<b>Ecotubo (T5)</b>	23,50€	282€	81,81€	36,94€	7,63 anos
<b>LED</b>	23,78€	285,36	47,5€	71,25€	4 anos

Para a substituição das atuais lâmpadas T8 foram consideradas duas soluções. A solução Ecotubo que já incorpora balastro e é tecnologia já presente no hospital e também com lâmpadas LED tubulares. Conclui-se que o investimento em lâmpadas LED é o mais rentável pois, comparado com o investimento em Ecotubos, é muito semelhante e permite uma poupança anual de cerca do dobro (Ecotubos permitem poupar 36,94€ ao ano enquanto que os LED permitem poupar 71,25€ ao ano). O retorno mais favorável das soluções apresentadas é então o do investimento em lâmpadas LED que surge ao fim de 4 anos.

### Sala de TAC nº 12

A sala de TAC nº12 tem um equipamento de TAC tal como a sala nº 9, mas dispõe de iluminação natural, devido à existência de duas janelas (tabela 42).



Tabela 42 - Características da Sala de Tac nº 12

Enfermaria	Informações
Localização	Piso 1
Setor	Imagiologia
Período de Funcionamento	8 Horas por dia, dias úteis
Dimensões (Área)	5,6 x 4,4 (24,64 m <sup>2</sup> )

Pode ver-se nas figuras 89 e 90 como o local se encontrava antes das medições.



Figura 89 - Sala de TAC nº 12 (Fotografia 1)



Figura 90 - Sala de TAC nº 12 (Fotografia 2)

Esta sala possui quatro armaduras e cada uma engloba duas lâmpadas fluorescentes do tipo T8 de 36W. A sua disposição encontra-se na planta da figura 91.

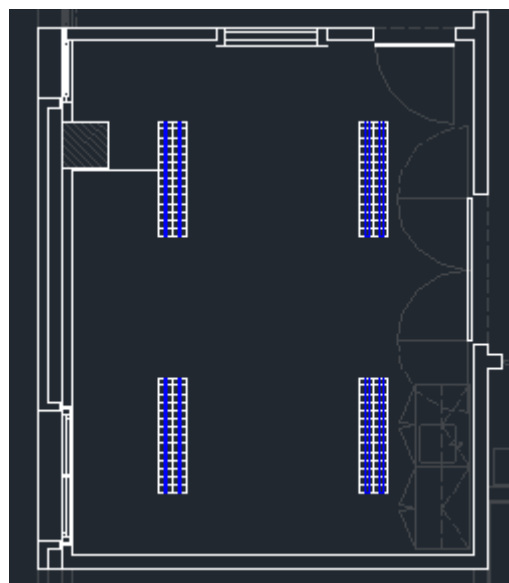


Figura 91 - Planta Autocad da Sala de Tac nº12

Para realizar as medições os estores foram fechados, mas ainda possibilitavam a entrada de alguma luz natural, o que influenciou um pouco as medições. Os funcionários deste serviço têm o cuidado de, durante o dia, desligar as luminárias do lado da janela e ter apenas as mais afastadas ligadas. As medições efetuadas encontram-se representadas na figura 92.

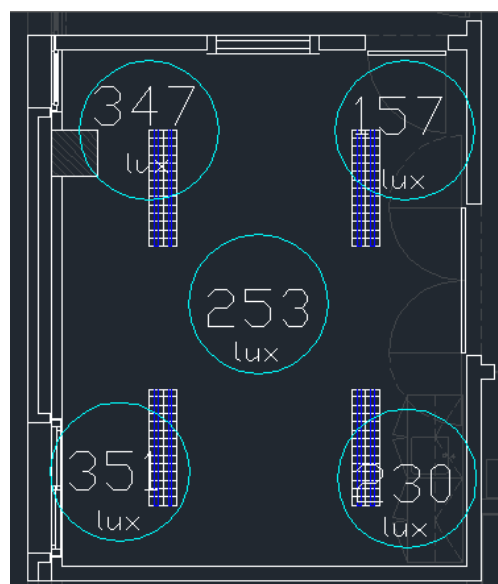


Figura 92 - Planta Autocad da Sala de Tac nº12 com Medições Iluminância

Como se pode ver na figura 77, do lado junto às janelas (à esquerda) temos valores mais elevados de iluminância do que do lado interior. Onde foi realizada a medição que resultou 157 lux, a armadura apenas tinha uma lâmpada em funcionamento. A iluminância média tem o valor de 268 lux, o que se encontra muito perto da meta dos 300 lux, valor que possivelmente



se obteria se não existisse uma lâmpada fundida. A potência total de iluminação desta sala é de 304W caso esteja equipada com balastros eletrónicos e de 360W caso esteja equipada com balastros ferromagnéticos. Poder-se-iam obter valores de iluminância muito similares se as lâmpadas fossem substituídas por Ecotubos de 31W ou LEDs de 18W com redução do consumo. A análise económica foi realizada para as mesmas condições da sala de TAC nº 9 (tabela 43 e 44).

**Tabela 43 - Consumo Anual Tecnologia Existente e Soluções na Sala de TAC nº 12**

	Situação	Potência	Redução (%)	Redução (W)	Consumo Anual (kWh)
Atual	Balastro Magnético (T8)	360W	-	-	751,68 kWh
Atual	Balastro Eletrónico (T8)	304W	15,56%	56W	634,752 kWh
Proposta 1	Ecotubo (T5)	248W	31,11%	112W	517,824 kWh
Proposta 2	LED	144W	60%	216W	300,672 kWh

**Tabela 44 - Análise Viabilidade de Investimento das Soluções na Sala de TAC nº 12**

Situação	Preço Un.	Investimento	Custo Anual	Poupança	Retorno
Balastro Magnético (T8)	-	-	79,17€	-	-
Balastro Eletrónico (T8)	-	-	66,85€	12,31€	-
Ecotubo (T5)	23,50€	188€	54,54€	24,63€	7,63 anos
LED	23,78€	190,24€	31,67€	47,5€	4 anos

Esta sala de TAC tem as mesmas alternativas apresentadas para a sala de TAC nº 9, só difere no número de lâmpadas presentes para iluminação. A melhor solução serão lâmpadas LED de 18W, com um investimento de 190,24€ e uma poupança anual de 47,5€ e um retorno em 4 anos.

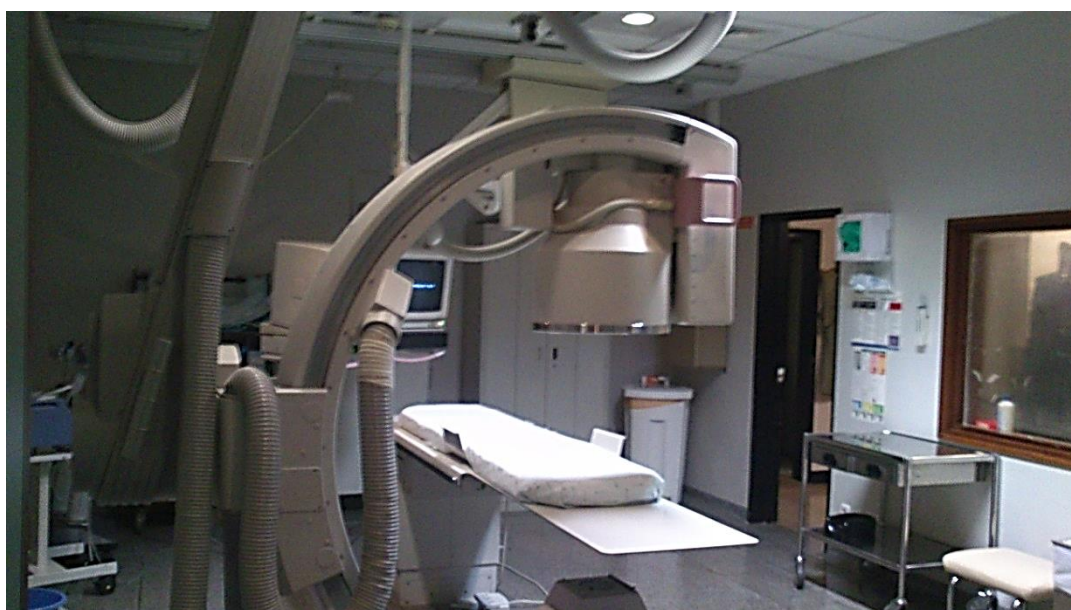
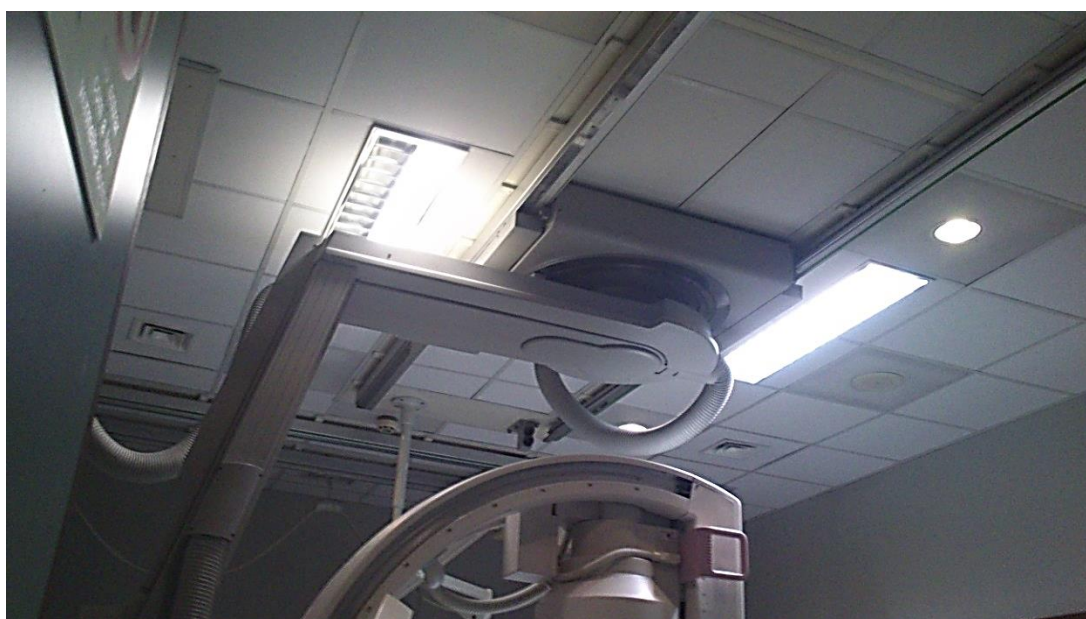
#### **Sala de Raio-X nº11**

Esta sala é semelhante à sala de TAC nº 9 devido a possuir o equipamento de Raio-X na zona central e não dispor de iluminação natural (tabela 45).

**Tabela 45 - Características da Sala de Raio-X nº11**

Sala Raio-X nº 11	Informações
Localização	Piso 1
Setor	Imagiologia
Período de Funcionamento	08:00 - 20:00, dias úteis
Dimensões (Área)	6,9 x 5,3 (36,57 m <sup>2</sup> )

Possui os mesmos requisitos de iluminação e nas figuras 93 e 94 podem ver-se as características da sala.

**Figura 93 - Sala de Raio-X nº 11 (Fotografia 1)****Figura 94 - Sala de Raio-X nº 11 (Fotografia 2)**

A sala de Raio-X nº 11 possui duas armaduras que incorporam duas lâmpadas fluorescentes lineares T8 de 36W cada. Aliadas a estas existem também 4 lâmpadas incandescentes reguláveis, de 60W cada uma. Estas luminárias e lâmpadas estão representadas na planta da figura 95.

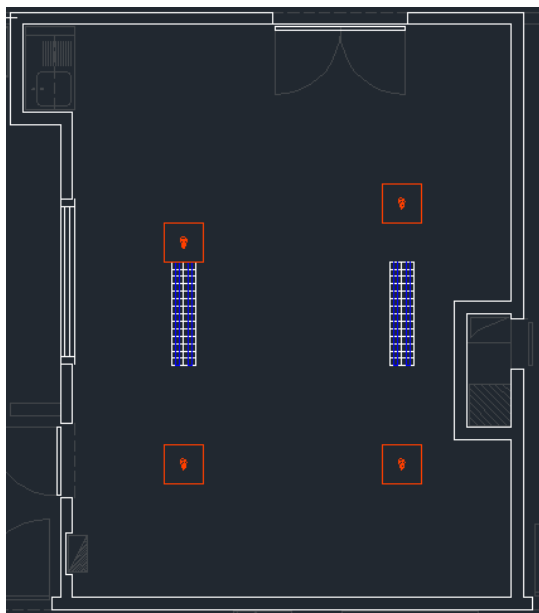


Figura 95 - Planta Autocad da Sala de Raio-X nº 11

Com todas as luzes ligadas foram realizadas as medições de iluminância que se encontram na figura 96. Tal como nas salas de TAC, a sala de Raio-X tem a iluminância média estipulada de 300 lux.

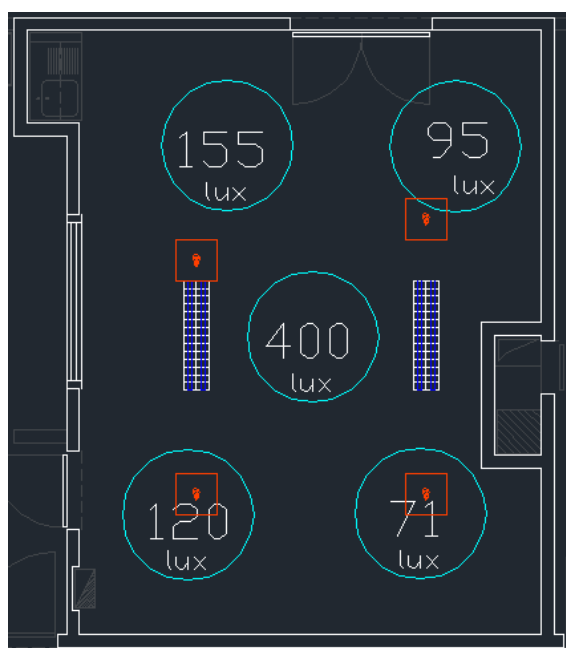


Figura 96 - Planta Autocad da Sala de Raio-X nº 11 com Medições Iluminância

A iluminância neste espaço não é nada uniforme, devido à aparelhagem de Raio-X cobrir parte das armaduras e ser causa de muita sombra na sala (repare-se que se obtiveram níveis de 71 e 95 lux, que são valores muito baixos). A iluminância média da sala é de 168 lux, o que é pouco mais de metade da iluminância necessária para este espaço. Este baixo valor pode ser colmatado com a adição de, pelo menos, mais um par armaduras no teto e deveria ser feito o devido estudo da sua realocação por causa da criação de sombras pela aparelhagem de Raio-X. A potência total da sala é de 180 W se estiver equipada com balastros ferromagnéticos e 152W se equipada com balastros eletrônicos. As lâmpadas incandescentes poderiam ser substituídas por LFC para possibilitar a mesma iluminância, pela correspondência com a tabela 12 que indica que as lâmpadas incandescentes de 60 W correspondem a LFC entre 13 e 18 W para as mesmas características. Mais uma vez, visto que as lâmpadas fluorescentes lineares T8 têm características similares com os Ecotubos e as lâmpadas LED mas consomem bastante mais, deveriam também ser substituídas. As lâmpadas incandescentes já deveriam ter sido removidas (foram proibidas em 2011) pelo que, tanto neste local, como em outros que ainda as possuam, beneficiariam em ser substituídas pelas respetivas LFC com propriedades de *dimming*. Foi considerada, para a substituição das lâmpadas incandescentes, a utilização desta sala durante 8 horas por dia, durante os dias úteis (tabela 46 e 47).

**Tabela 46 - Consumo Anual Tecnologia Existente e Soluções na Sala de Raio-X**

	Situação	Potência	Redução (%)	Redução (W)	Consumo Anual (kWh)
<b>Atual</b>	Incandescente 60W	240W	-	-	501,12 kWh
<b>Proposta 1</b>	LFC 18W	72W	70%	168W	150,336 kWh
<b>Proposta 2</b>	LFC 14W	56W	76,67%	184W	116,928 kWh

**Tabela 47 - Análise Viabilidade de Investimento das Soluções na Sala de Raio-X**

Situação	Preço Un.	Investimento	Custo Anual	Poupança	Retorno
<b>Incandescente 60W</b>	-	-	52,78€	-	-
<b>LFC 18W</b>	14€	56€	15,83€	36,94€	1,52 anos
<b>LFC 14W</b>	10,55€	42,2€	12,31€	40,46€	1,04 anos

Uma vez que as lâmpadas incandescentes já deviam ter sido retiradas há bastante tempo, com a simples substituição por LFC vamos obter um retorno entre 1 ano e um ano e meio dependendo da potência que for escolhida com a lâmpada de 18W a proporcionar uma poupança anual de 36,94€ e a de 14W de 40,46€.

### 4.2.2.3. Bloco Operatório

Os blocos operatórios são os locais onde são realizados os procedimentos cirúrgicos, médicos ou clínicos. A principal função da iluminação nestes locais é proporcionar luz suficiente para realização de procedimentos de cirurgia e para o uso de aparelhos de suporte de vida. É essencial um IRC de 90 ou mais e deve existir uma distribuição uniforme da iluminação. A iluminação do campo cirúrgico irá ser determinada pelo tipo de procedimento a realizar, profundidade da cavidade do corpo a ser iluminado e o ângulo de iluminação. Diferentes procedimentos cirúrgicos exigirão luminárias operacionais de diferentes intensidades luminosas. Uma sala de operações deve estar equipada com uma luminária operacional especificamente adequada para as cirurgias a serem realizadas. A iluminação média geral das salas de operação deve ser de 1000 lux, que é adequada para a realização das tarefas por parte do pessoal auxiliar à cirurgia. A falha de iluminação durante uma operação pode ter consequências muito graves e é essencial fornecer iluminação auxiliar suficiente e confiável. É necessária uma passagem instantânea para a iluminação auxiliar, caso alguma falha da iluminação principal aconteça [16].

#### Sala de Operação

No HPH existem 5 salas de operação. Todas elas possuem características muito semelhantes, por isso só foi necessário o estudo de uma, por ser aplicável a todas as restantes. As suas características estão referidas na tabela 48 e nas figuras 97 a 99 estão fotografias do local em estudo.

**Tabela 48 - Características da Sala de Operação**

Sala de Operação	Informações
Localização	Piso 1
Setor	Bloco Operatório
Período de Funcionamento	07:00 - 19:00, dias úteis
Dimensões (Área)	7 x 6 (42 m <sup>2</sup> )



**Figura 97 - Sala de Operação (Fotografia 1)**



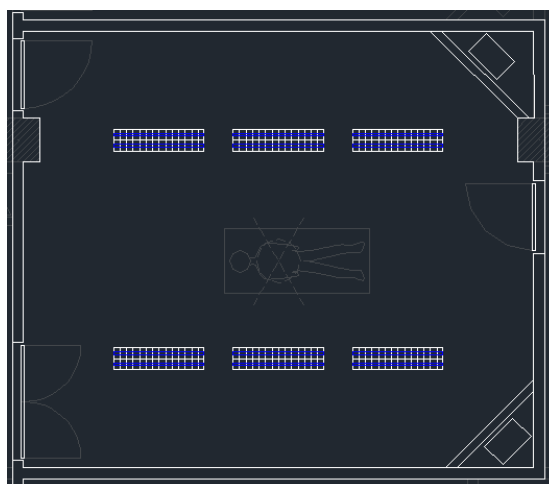
**Figura 98 - Sala de Operação (Fotografia 2)**





**Figura 99 - Sala de Operação (Fotografia 3)**

Como se pode observar nas figuras 97, 98 e 99, a sala tem presentes seis armaduras de duas lâmpadas fluorescentes T8 cada. Na figura 100 estão representadas na planta da sala de operação em ambiente Autocad.



**Figura 100 - Planta Autocad da Sala de Operação**

De acordo com a norma EN-12464, este local deve ter uma iluminância média de 1000 lux na sala de operação, como consta na tabela 49; durante o decorrer desta, na zona da cavidade devem estar presentes entre 10.000 a 100.000 lux.

Tabela 49 - Características Ideais de Iluminação para Bloco Operatório [20]

Table 5.46 — Health care premises – Operating areas

Ref. no.	Type of area, task or activity	$\bar{E}_m$ lx	$UGR_L$ –	$U_o$ –	$R_a$ –	Specific requirements
5.46.1	Pre-op and recovery rooms	500	19	0,60	90	
5.46.2	Operating theatre	1 000	19	0,60	90	
5.46.3	Operating cavity			-		$\bar{E}_m$ : 10 000 lx to 100 000 lx

Esta sala não apresenta iluminação de fonte natural e tem presentes 6 armaduras, sendo que que cada uma sustenta 2 lâmpadas fluorescentes tubulares T8 de 36W. Foram realizadas as medições apresentadas na figura 101.



Figura 101 - Planta Autocad da Sala de Operação com Medição de Iluminância

Apesar de duas das lâmpadas não estarem a funcionar, a iluminância média obtida foi de 422 lux, mas pensa-se que seria possível obter uma média perto de 500, caso as outras duas lâmpadas estivessem em funcionamento. Ainda assim, é um valor que fica aquém do pretendido. Este valor poderá ser aumentado possivelmente com uma limpeza das luminárias. A solução para esta sala poderia passar pela substituição de lâmpadas T8 por lâmpadas T5 que tem maior fluxo luminoso e também uma reorganização das armaduras ou possível acrescento de algumas. As armaduras também deveriam ser substituídas por novas com difusores mais eficientes de modo a obterem-se os 1.000 lux de iluminância média na sala.

Sobre a mesa de cirurgia, onde estará o corpo a operar, temos a aparelhagem da figura 102.





**Figura 102 - Candeeiro de Iluminação Cirúrgica LED**

Não foi possível realizar medições com o candeeiro de iluminação cirúrgica LED ligado, o que também influenciou o valor de iluminância média da sala.

Este aparelho permite aos cirurgiões os níveis de iluminância necessários para a realização das operações com um muito bom IRC (95), que resulta numa maior segurança na sua realização. É possível, com este aparelho, ajustar a temperatura de cor consoante as necessidades. Segundo as especificações do fabricante este candeeiro respeita os valores de iluminância estipulados entre 10.000 e 100.000 lux.

#### **4.2.2.4. Salas de Escritório**

O propósito de trabalho de escritório é a recolha, registo e distribuição de informação, juntamente com a tomada de decisões com base na informação recolhida. O que mudou em escritórios ao longo dos últimos vinte anos tem sido o enorme crescimento na capacidade de recolher, registar e distribuir informação de forma rápida, através de grandes distâncias, por via eletrónica. Os escritórios estão equipados com computadores que são necessários para o alojamento e comunicação de informação.

A iluminação em escritórios tem como função principal tornar visíveis as informações que têm de ser tratadas, sem causar desconforto. Deu-se uma mudança do trabalho baseado em papel para o trabalho em monitores ou ecrãs, o que tem implicações importantes para a iluminação,

mas, nos dias de hoje, ambos os tipos de tratamento de informação são utilizados. Isto significa que qualquer instalação de iluminação projetada para um escritório tenha de ser satisfatória, tanto para papel, como para ecrãs de computador. Na utilização do papel, a superfície principal a ser visionada é horizontal, pelo que aumentar a quantidade de luz torna a informação sobre a superfície mais visível. No caso da utilização de computadores, a superfície principal a ser visionada é vertical e o aumento da quantidade de luz faz com que as informações exibidas num monitor sejam menos visíveis [16].

### Gabinete do SIE

O gabinete do SIE foi o local onde foi realizado o presente estudo e foi também alvo de estudo (tabela 50).

**Tabela 50 - Características do Gabinete do SIE**

Gabinete do SIE	Informações
Localização	Piso 0
Setor	SIE
Período de Funcionamento	08:00 - 18:00, dias úteis
Dimensões (Área)	15m x 5m (75m <sup>2</sup> )

A iluminação deste espaço é realizada por oito armaduras, cada uma de duas lâmpadas T8, sendo que uma das armaduras está equipada com dois Ecotubos. Está presente luz natural proveniente de uma janela. As condições do gabinete encontram-se ilustradas nas figuras 103 e 104 e a disposição das luminárias em ambiente Autocad na figura 105.



**Figura 103 - Gabinete do SIE (Fotografia 1)**



Figura 104 - Gabinete do SIE (Fotografia 2)

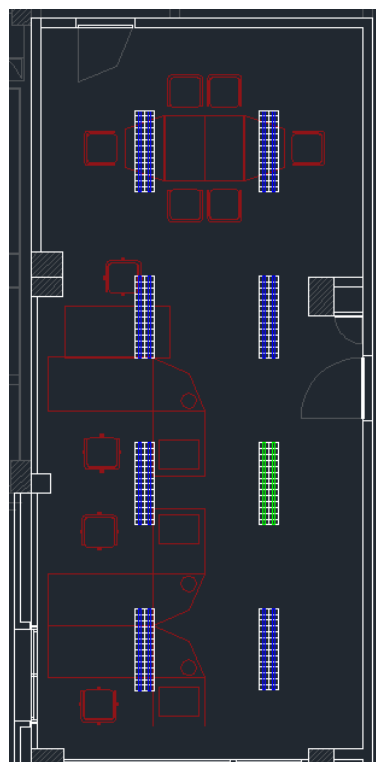


Figura 105 - Planta Autocad do Gabinete do SIE

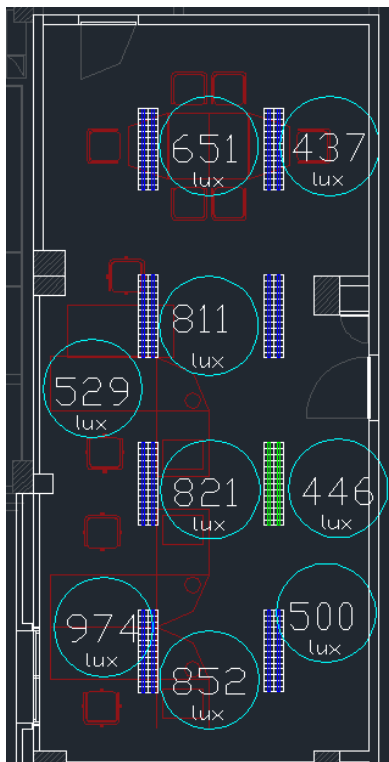
Espaço destinado a escritórios não é exclusivo a Hospitais mas, ainda assim, estes estão incluídos na norma EN-12464 e podem verificar-se as características ideais de iluminação na tabela 51.

Tabela 51 - Características Ideais de Iluminação para Salas de Funcionários [20]

Table 5.38 — Health care premises – Staff rooms

Ref. no.	Type of area, task or activity	$\bar{E}_m$ lx	$UGR_L$ —	$U_o$ —	$R_a$ —	Specific requirements
5.38.1	Staff office	500	19	0,60	80	
5.38.2	Staff rooms	300	19	0,60	80	

Este espaço tem presentes quatro computadores em secretárias, uma fotocopiadora e uma mesa de reuniões, que fazem desses os principais locais a serem medidos, pois é neles que se realizam as tarefas. Para serem realizadas as medições foram fechadas os estores, mas ainda assim existia a entrada de alguma luz de fonte solar.



**Figura 106 - Planta Autocad do Gabinete do SIE com Medição de Iluminância**

Devido à entrada de luz solar, na zona junto à janela foram obtidas medidas de iluminação de quase 1000 lux. A iluminância média da sala é de 669 lux (figura 106), o que é bastante superior à estipulada na norma que é de 500 lux. Na tabela 52 estão descritas as iluminâncias mínimas específicas para escritórios.

Tabela 52 - Características Ideais de Iluminação para Escritórios [20]

Table 5.26 — Offices

Ref. no.	Type of area, task or activity	$\bar{E}_m$ lx	$UGR_L$ —	$U_o$ —	$R_a$ —	Specific requirements
5.26.1	Filing, copying, etc.	300	19	0,40	80	
5.26.2	Writing, typing, reading, data processing	500	19	0,60	80	DSE-work, see 4.9.
5.26.3	Technical drawing	750	16	0,70	80	
5.26.4	CAD work stations	500	19	0,60	80	DSE-work, see 4.9.
5.26.5	Conference and meeting rooms	500	19	0,60	80	Lighting should be controllable.
5.26.6	Reception desk	300	22	0,60	80	
5.26.7	Archives	200	25	0,40	80	

Nas secretárias a iluminância mínima obtida foi de 529 lux, quando a requerida é de 500 lux, o que é um valor ótimo. A mesa de reuniões tem presentes 651 lux, quando apenas necessita de 500 lux, o que é um valor um pouco superior. Foi realizado um estudo económico para aumentar a eficiência energética desta sala, considerando que a iluminação se encontra ligada cerca de 10 horas por dia durante os dias úteis. Os resultados são apresentados nas tabelas 53 e 54.

Tabela 53 - Consumo Anual Tecnologia Existente e Soluções no Gabinete do SIE

	Situação	Potência	Redução (%)	Redução (W)	Consumo Anual (kWh)
Atual	Balastro Magnético (T8)	720W	-	-	1.879,2 kWh
Atual	Balastro Eletrónico (T8)	608W	15,56%	112W	1.587,88 kWh
Proposta 1	Ecotubo (T5)	496W	31,11%	224W	1.294,56kWh
Proposta 2	LED	288W	60%	432W	751,68 kWh

Tabela 54 - Análise Viabilidade de Investimento das Soluções no Gabinete do SIE

Situação	Preço Un.	Investimento	Custo Anual	Poupança	Retorno
Balastro Magnético (T8)	-	-	197,92€	-	-
Balastro Eletrónico (T8)	-	-	167,13€	30,79€	-
Ecotubo (T5)	23,50€	376€	136,34€	61,57€	6,1 anos
LED	23,78€	380,48€	79,17€	118,75€	3,2 anos



Avaliando as soluções propostas, a substituição das lâmpadas atuais por Ecotubos proporciona uma poupança de 61,56€ por ano e as lâmpadas LED proporcionam uma poupança de 118,75€ por ano, o que corresponde quase ao dobro. A solução a optar neste caso seria a das lâmpadas LED que com um investimento de 380,48€ conseguiríamos obter retorno a partir de 3,2 anos.

Neste local pode-se inclusive baixar os níveis de iluminância que, em alguns casos, são superiores aos recomendados pela norma. Os funcionários da sala já tem sensibilidade de, durante o dia, terem apenas as luminárias do lado interior da sala ligadas, devido à quantidade de luz solar que entra pelas janelas, o que também ajuda a reduzir custos.

Junto ao gabinete do SIE encontra-se o gabinete do Diretor de Serviço. Os dois estão separados por uma parede de vidro e conectados por uma porta, o que torna o espaço agradável e há transmissão de luz de um local para o outro. Pode visualizar-se este local nas figuras 107, 108 e 109.



Figura 107 - Gabinete do Diretor de Serviço do SIE (Fotografia 1)

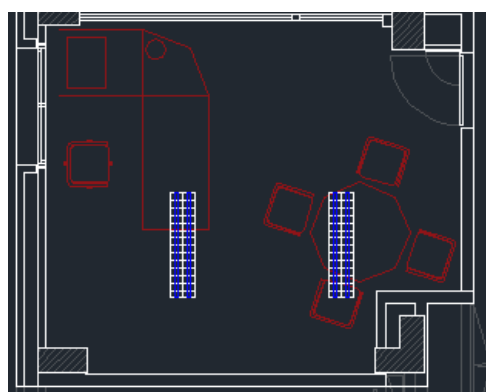


Figura 108 - Gabinete do Diretor de Serviço do SIE (Fotografia 2)



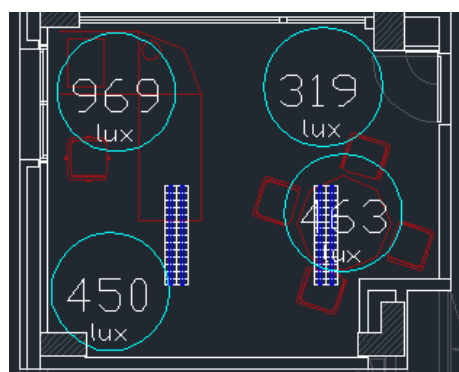
**Figura 109 - Gabinete do Diretor de Serviço do SIE (Fotografia 3)**

Este gabinete tem uma secretária com computador e também uma pequena mesa de reuniões. Quanto à iluminação, possui duas armaduras, cada uma destas contém duas lâmpadas fluorescentes T8 de 36 W. Na figura 110 estão ilustradas na sua planta.



**Figura 110 - Planta Autocad do Gabinete do Diretor de Serviço do SIE**

Uma vez mais, para a realização das medições foi fechado o estore, mas este ainda permitia a entrada de alguma luz solar, o que influencia sempre as medições. Na figura 11 estão as medidas de iluminância obtidas para este gabinete.



**Figura 111 - Planta Autocad do Gabinete do Diretor de Serviço do SIE com Medições de Iluminância**

A iluminância média deu 550 lux, o que é superior ao valor de 500 lux, como indicado na tabela 52. Na pequena mesa de reuniões conseguiu-se obter um valor de 463 lux, que é muito próximo do valor ideal de 500 lux. Na zona do computador, uma vez que está junto à janela, detetou-se um valor muito próximo dos 1000 lux e na zona da secretária um valor da ordem dos 500 lux. Seria possível obterem-se níveis muito equivalentes de iluminação com a substituição das atuais lâmpadas por Ecotubos ou por lâmpadas LED tal como no caso anterior. A análise económica foi realizada nas mesmas condições do gabinete do SIE e os resultados são apresentados nas tabelas 55 e 56.

**Tabela 55 - Consumo Anual Tecnologia Existente e Soluções no Gabinete do Diretor de Serviço do SIE**

Situação	Situação	Potência	Redução (%)	Redução (W)	Consumo Anual (kWh)
Atual	Balastro Magnético (T8)	180W	-	-	469,8 kWh
Atual	Balastro Eletrónico (T8)	152W	15,56%	28W	396,72 kWh
Proposta 1	Ecotubo (T5)	124W	31,11%	56W	323,64 kWh
Proposta 2	LED	72W	60%	108W	187,92 kWh

**Tabela 56 - Análise Viabilidade de Investimento das Soluções no Gabinete do Diretor de Serviço do SIE**

Situação	Preço Un.	Investimento	Custo Anual	Poupança	Retorno
Balastro Magnético (T8)	-	-	49,48€	-	-
Balastro Eletrónico (T8)	-	-	41,78€	7,8€	-
Ecotubo (T5)	23,50€	94€	34,09€	15,39€	6,1 anos
LED	23,78€	95,12€	19,79€	29,69€	3,2 anos

A solução a optar, neste caso seria a mesma do gabinete do SIE pois apenas difere no número de luminárias, ou seja, investindo 95,12€ em lâmpadas LED, seria possível obter uma poupança anual de 29,69€ o que significaria retorno após 3,2 anos.

#### 4.2.2.5. Salas de Espera

As salas de espera são locais onde os utentes poderão ter de passar bastante tempo aguardando, devido a possíveis atrasos que existam nos serviços, etc. É importante, por essa razão, que a iluminação do local seja agradável. É recomendada uma iluminância de 200 lux no chão, 300 lux no chão junto à receção e 500 lux na receção, que é a área onde são realizadas tarefas. A sala de espera deve ter uma impressão geral acolhedora, que evite fortes contrastes. É



importante considerar a iluminação vertical, bem como a horizontal, de modo a que os rostos das pessoas dentro destas áreas sejam devidamente iluminados, pois vão proporcionar uma boa modelagem facial e ajudar com o processo de leitura labial [16].

Foram realizadas medições em duas salas de espera: a sala de espera da consulta externa e da cirurgia B.

### Sala de Espera da Consulta Externa

É a maior de todas as salas de espera existentes no hospital (tabela 57). É o local que reúne mais pacientes e tem uma zona de receção que se localiza numa área mais central, um corredor em forma de “L” com bastantes bancos para as pessoas esperarem a sua vez da consulta. É um local com muita luz proveniente do exterior, devido à grande quantidade de janelas presentes na sala. Pode ver-se nas figuras 112 e 113 a amplitude do espaço e a quantidade de pessoas que o frequenta dia-a-dia.

**Tabela 57 - Características da Sala de Espera da Consulta Externa**

Sala de Espera da Consulta Externa	Informações
Localização	Piso 0
Setor	Consulta Externa
Período de Funcionamento	08:00 - 20:00 , dias úteis
Dimensões (Área)	36 x 7 (252 m <sup>2</sup> )



**Figura 112 - Sala de Espera da Consulta Externa (Fotografia 1)**



Figura 113 - Sala de Espera da Consulta Externa (Fotografia 2)

Neste local não foi possível realizar muitas medições, para não incomodar os utentes e mesmo os funcionários e também não foi possível fechar as persianas porque tal afetar o seu funcionamento. Vê-se na tabela 58 que as salas de espera devem ter presente uma média de 200 lux.

Tabela 58 - Características Ideais para Locais de Utilização Geral [20]

Table 5.37 — Health care premises – Rooms for general use

Ref. no.	Type of area, task or activity	$\bar{E}_m$ lx	$UGR_L$ —	$U_o$ —	$R_a$ —	Specific requirements
						Too high luminances in the patients' visual field shall be prevented.
5.37.1	Waiting rooms	200	22	0,40	80	
5.37.2	Corridors: during the day	100	22	0,40	80	Illuminance at floor level.
5.37.3	Corridors: cleaning	100	22	0,40	80	Illuminance at floor level.
5.37.4	Corridors: during the night	50	22	0,40	80	Illuminance at floor level.
5.37.5	Corridors with multi-purpose use	200	22	0,60	80	Illuminance at task/activity level.
5.37.6	Day rooms	200	22	0,60	80	
5.37.7	Elevators, lifts for persons and visitors	100	22	0,60	80	Illuminance at floor level.
5.37.8	Service lifts	200	22	0,60	80	Illuminance at floor level.

Na figura 114 podem verificar-se as medições que foram realizadas.

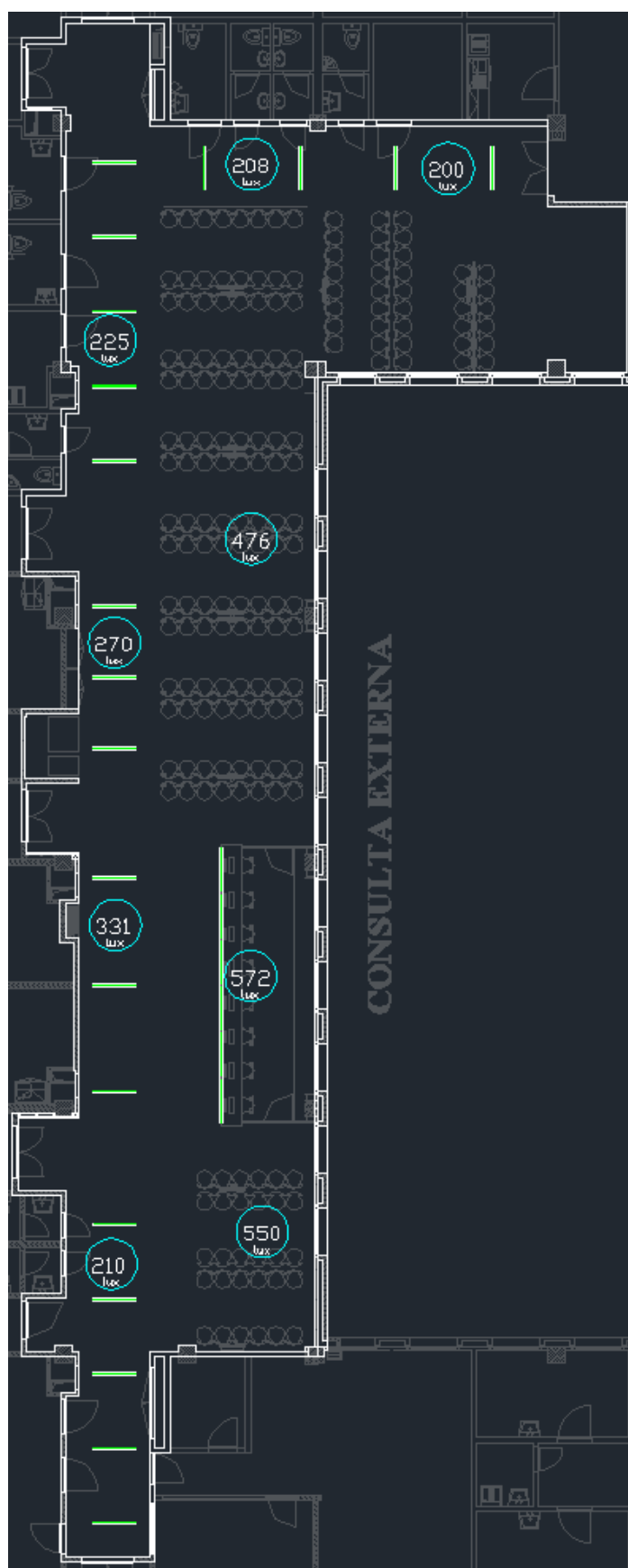


Figura 114 - Planta Autocad da Sala de Espera da Consulta Externa com Medições de Iluminância

Importa destacar a zona do balcão, que tem uma iluminância média superior a 500 lux e é o local onde são realizadas as tarefas neste espaço. A iluminância média de todo o espaço é de 338 lux, valor que é bastante superior aos 200 lux recomendados, mas é devido à presença de bastante luz solar. Este local está equipado com 25 Ecotubos de 31W de potência e um total de consumo de 775W. Tem valores adequados de iluminação, pelo que se conclui que a sala se encontra devidamente iluminada e se faz um bom aproveitamento da luz proveniente do exterior. De modo a melhorar a eficiência energética deste local pode-se verificar se compensa a substituição das lâmpadas atuais por lâmpadas do tipo LED. Esta sala funciona durante 16 horas apenas em dias úteis, são mais 4 horas do que o seu horário de funcionamento para utentes devido a necessidades de limpeza e funcionamento das câmaras de vigilância. Nas tabelas 59 e 60 são apresentados os cálculos de economia correspondentes a este espaço.

**Tabela 59 - Consumo Anual Tecnologia Existente e Soluções na Sala de Espera da Consulta Externa**

Situação	Potência	Redução (%)	Redução (W)	Consumo Anual (kWh)
Ecotubo (T5)	775W	-	-	3236,4 kWh
LED	450W	41,94%	325W	1879,2 kWh

**Tabela 60 - Análise Viabilidade de Investimento das Soluções na Sala de Espera da Consulta Externa**

Situação	Preço Un.	Investimento (€)	Custo Anual (€)	Poupança (€)	Retorno
Ecotubo (T5)	-	-	340,86€	-	-
LED	23,78€	594,5€	197,92€	142,94€	4,16 anos

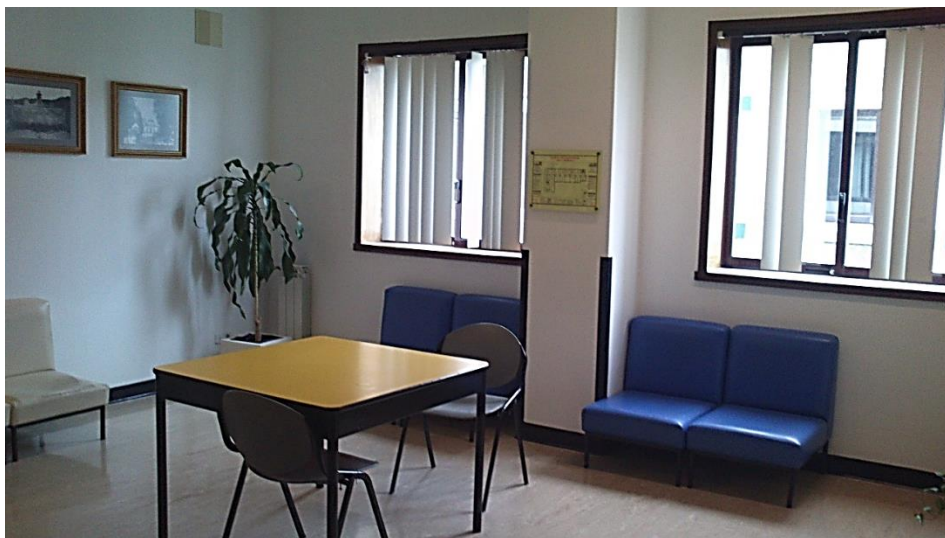
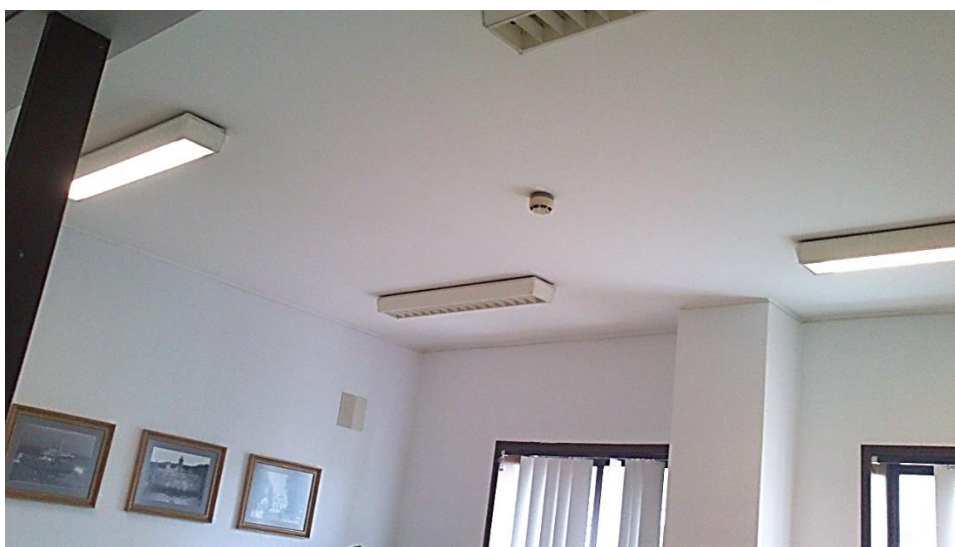
A substituição dos Ecotubos pelas lâmpadas LED poderá não ser viável pois o seu período de retorno é um pouco longo (4,16 anos) para um investimento da ordem dos 600€. Conclui-se que a sala está em ótimas condições, uma vez que anteriormente estava equipada com lâmpadas fluorescentes tubulares T8 de 36W e foram substituídas pela tecnologia atual dos Ecotubos, o que significa que estas lâmpadas ainda têm muito tempo de vida útil para ser usufruído e portanto determina-se que, de momento, nada deveria ser alterado.

### **Sala de Espera da Cirurgia B**

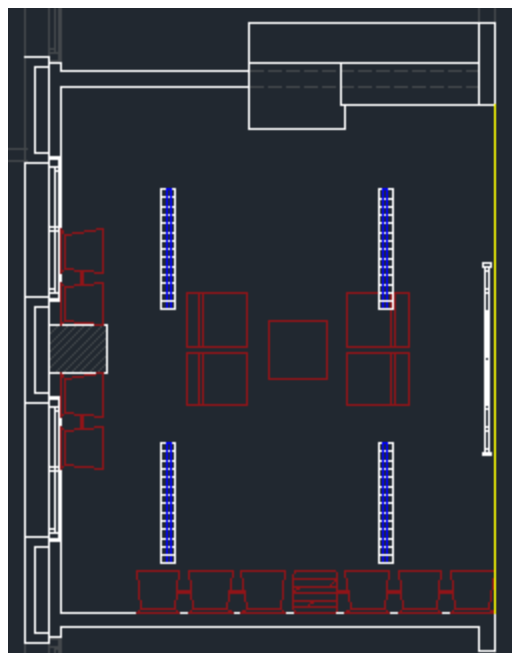
A sala de espera da cirurgia B é uma sala pequena, que conta com a presença de um balcão, duas janelas, bancos e ainda uma mesa ao centro para leitura. Nas figuras 115 e 116 observa-se as condições da sala.

**Tabela 61 - Características da Sala de Espera da Cirurgia B**

Sala de Espera da Cirurgia B	Informações
Localização	Piso 1
Setor	Cirurgia B
Período de Funcionamento	08:00 - 18:00, dias úteis
Dimensões (Área)	5,4 x 4,5 (24,3 m <sup>2</sup> )

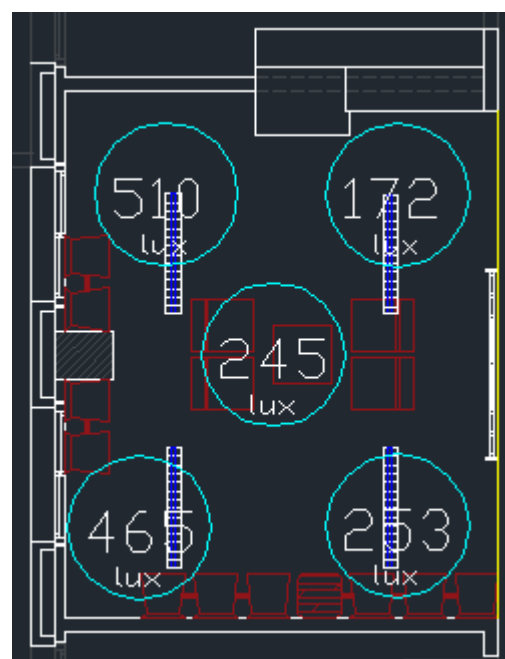
**Figura 115 - Sala de Espera da Cirurgia B (Fotografia 1)****Figura 116 - Sala de Espera da Cirurgia B (Fotografia 2)**

Esta sala está equipada com quatro armaduras de uma lâmpada T8 cada e encontram-se dispostas na planta da sala na figura 117.



**Figura 117 - Planta Autocad da Sala de Espera da Cirurgia B**

Desta vez os estores foram fechados, uma vez que não se encontrava nenhum utente em espera e foram realizadas as medições que se ilustram na figura 118.



**Figura 118 - Planta Autocad da Sala de Espera da Cirurgia B com Medição de Iluminância**

Junto às janelas (lado esquerdo) temos presentes maiores valores de iluminância porque, apesar dos estores estarem fechados, ainda existia a entrada de alguma luz proveniente do exterior. Como iluminância média temos presentes 329 lux em toda a sala, o que é superior aos 200 lux indicados na norma. De seguida, nas tabelas 62 e 63, são analisadas propostas de

substituição de lâmpadas para poupança de energia, uma vez que estão ligadas 24 horas por dia por fazerem parte do circuito de iluminação de emergência.

**Tabela 62 - Consumo Anual Tecnologia Existente e Soluções na Sala de Espera da Cirurgia B**

	Situação	Potência	Redução (%)	Redução (W)	Consumo Anual (kWh)
<b>Atual</b>	Balastro Magnético (T8)	180W	-	-	1576,8 kWh
<b>Atual</b>	Balastro Eletrónico (T8)	152W	15,56%	28W	1331,52 kWh
<b>Proposta 1</b>	Ecotubo (T5)	124W	31,11%	56W	1086,24 kWh
<b>Proposta 2</b>	LED	72W	60%	108W	451,01 kWh

**Tabela 63 - Análise Viabilidade de Investimento das Soluções na Sala de Espera da Cirurgia B**

Situação	Preço Un.	Investimento	Custo Anual	Poupança	Retorno
<b>Balastro Magnético (T8)</b>	-	-	166,07€	-	-
<b>Balastro Eletrónico (T8)</b>	-	-	140,24€	25,83€	-
<b>Ecotubo (T5)</b>	23,50€	94€	114,4€	51,67€	1,82 anos
<b>LED</b>	23,78€	95,12€	47,5€	118,56€	0,8 anos

Uma vez que as lâmpadas estão sempre ligadas, ambas as soluções apresentam períodos de retorno aceitáveis, sendo que o retorno com a substituição por lâmpadas LED se realiza em menos de um ano. Com um investimento de 95,12€ em lâmpadas LED consegue-se uma poupança anual de cerca de 118,56€ com um custo anual de 47,5€.

#### 4.2.2.6. Acessos

Os acessos são compostos principalmente por corredores, mas também por escadas. Os corredores são a principal forma de ligação entre departamentos clínicos e podem incluir locais de espera públicos. São áreas com uma densidade relativamente elevada de tráfego. Possuem larguras distintas, consoante o número de pessoas que os atravessa e também conforme os departamentos que interliga. Nos corredores recomenda-se uma iluminância de 200 lux ao nível do chão durante o dia e 50 lux durante a noite [16].

No caso do HPH, em todos os corredores apenas está ligado o circuito de iluminação de emergência, ou seja, foi decidido e instaurado na GTC, que o circuito normal fique desligado, o que faz com que, na maioria dos corredores, em cada três luminárias apenas uma se encontre acesa. Dados sobre os circuitos e o GTC encontram-se no anexo F.



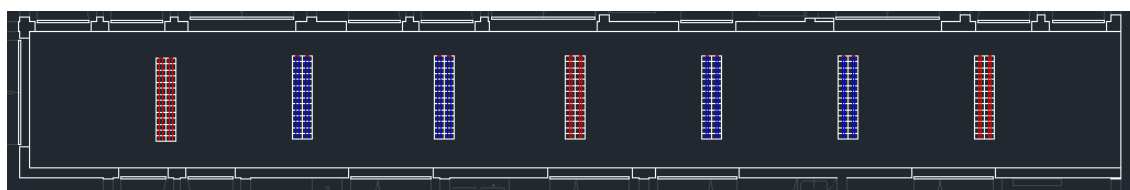
### Corredor Imagiologia

O corredor de Imagiologia (figura 119) localiza-se no piso 1 do corpo Oeste do HPH. O serviço de Imagiologia tem a particularidade de ser o único setor do hospital que utiliza lâmpadas LED nos seus corredores.



**Figura 119 - Corredor Imagiologia**

Na figura 120 está representada a disposição das armaduras no corredor. Possui um total de sete luminárias, em que cada uma contém duas lâmpadas LED de 18 W cada.

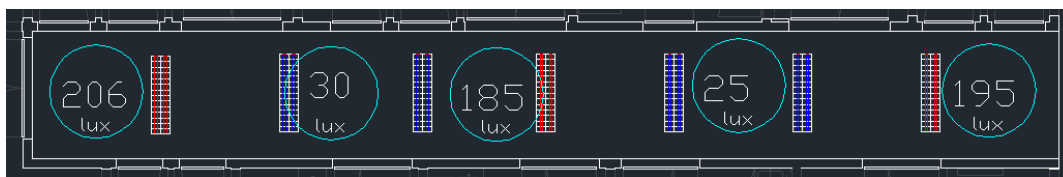


**Figura 120 - Planta Autocad do Corredor de Imagiologia**

Como é um corredor, devido à política do HPH, apenas o circuito de emergência está alimentado, o que faz com que, num corredor que possua sete armaduras, apenas três estejam ligadas. Atentando na figura 120, as armaduras que estão em funcionamento são as das pontas e a do centro, que se encontram representadas a vermelho, deixando as quatro restantes desligadas, mas que estão equipadas com lâmpadas fluorescentes T8 e não foram substituídas.



Foram realizadas as medições ao nível do chão, tal como é estipulado pela norma e foram obtidos os valores ilustrados na figura 121.



**Figura 121 - Planta Autocad do Corredor de Imagiologia com Medição de Iluminância**

Através da análise da figura 106 facilmente se distinguem as zonas junto às luminárias que estão em funcionamento, pois obtemos valores na ordem de 200 lux junto às luminárias que se encontram ligadas e de 30 lux junto às luminárias que se encontram desligadas, o que faz com que o nível de uniformidade seja baixo. Ainda assim, a iluminância média deste local é de 128 lux, o que é um valor inferior aos 200 lux requeridos pela norma. Uma vez que, por baixo de cada luminária, conseguimos obter valores desta grandeza, o recomendado para este corredor (e outros similares) seria a alimentação de todo o circuito e não apenas do de emergência ou então dos outros dois circuitos e não do de emergência. Com isso seria também obtido um nível de uniformidade bastante mais alto, mas teriam de ser realizadas medições consoante os dois casos para ver se realmente tem de estar todas as armaduras ligadas. Consoante as medições obtidas é que se pode fazer uma análise económica para a redução do consumo sem degradar as condições de iluminação.

### **Corredor SIE**

O corredor SIE teve esta designação devido a ser a ala que dá acesso ao Gabinete do SIE e também à área financeira e de Administração do Hospital (figuras 122 e 123).

É composto por 13 luminárias, em que apenas o circuito de emergência se encontra alimentado. Pode reparar-se na figura 124 que apenas as luminárias marcadas a verde se encontravam ligadas e são constituídas por um Ecotubo de 31W cada. As restantes armaduras que se encontravam desligadas ainda têm lâmpadas fluorescentes do tipo T8 de 36W.



Figura 122 - Corredor SIE (Fotografia 1)

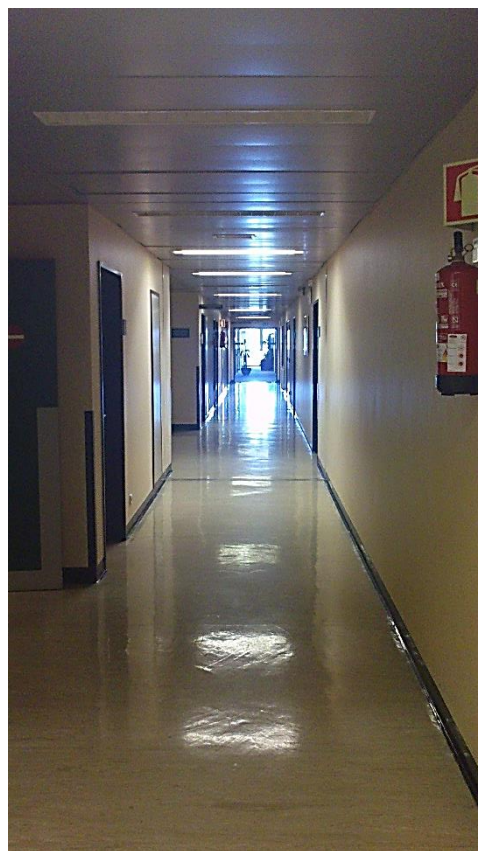


Figura 123 - Corredor SIE (Fotografia 2)

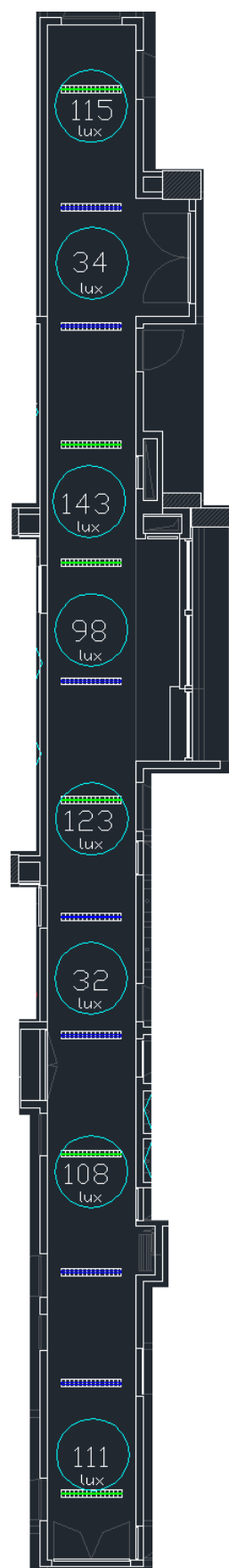


Figura 124 - Planta Autocad do Corredor SIE com Medições de Iluminância

O nível médio de iluminância ideal seria de 200 lux ao nível do chão, valor do qual nos encontramos um pouco distantes. A iluminância média medida é de 96 lux. Isto acontece porque as armaduras são de lâmpada singular e não armaduras duplas como no corredor de imagiologia. Sugere-se também a ligação de todos os circuitos ou então de todos menos o de emergência e a realização de medições para ver o estado da iluminação. Baseado nas medições e verificando de facto que estão de acordo com as normas é que se deveria proceder a uma análise económica para reduzir o consumo sem baixar as condições de iluminação.

### Escadas

As escadas são os acessos alternativos à utilização dos elevadores para movimentação de pessoas entre os vários pisos (figura 125).



Figura 125 - Escadas entre o Piso 0 e o Piso 1

As escadas não são um local específico de instituições hospitalares, pelo que na norma EN-12464, os valores recomendados de iluminância são apresentados na tabela de zonas de trânsito de pessoas dentro de edifícios e que se podem observar na tabela 64.

Tabela 64 - Características Ideais para Zonas de Trânsito Dentro de Edifícios [20]

Table 5.1 — Traffic zones inside buildings

Ref. no.	Type of area, task or activity	$\bar{E}_m$ lx	$UGR_L$ —	$U_o$ —	$R_a$ —	Specific requirements
5.1.1	Circulation areas and corridors	100	28	0,40	40	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Illuminance at floor level.</li> <li>• <math>R_a</math> and UGR similar to adjacent areas.</li> <li>• 150 lx if there are vehicles on the route.</li> <li>• The lighting of exits and entrances shall provide a transition zone to avoid sudden changes in illuminance between inside and outside by day or night.</li> <li>• Care should be taken to avoid glare to drivers and pedestrians.</li> </ul>
5.1.2	Stairs, escalators, travelators	100	25	0,40	40	Requires enhanced contrast on the steps.

As escadas possuem uma luminária para lâmpadas de tamanho compacto ao fim de cada lanço. Através da análise da tabela 64 é possível reparar que estes locais têm como requisito uma iluminância de 100 lux. Com recurso ao luxímetro foram medidas as iluminâncias ao nível dos degraus e no fim dos dois lanços de escadas. Os resultados obtidos são ilustrados na figura 126.

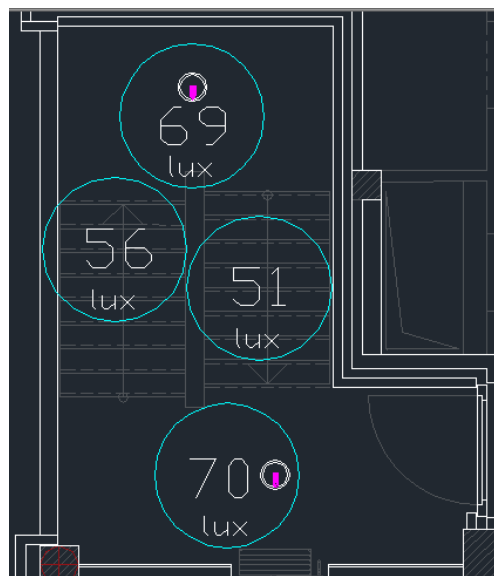


Figura 126 - Planta Autocad das Escadas entre o Piso 0 e o Piso 1

A iluminância média obtida foi de 62 lux, o que é um valor relativamente inferior ao recomendado. As lâmpadas que se encontravam em utilização para este caso eram LFC de 8 W cada. Pensa-se que com uma troca destas lâmpadas para as da mesma categoria de 16 W se conseguiriam obter valores próximos dos recomendados, o que seria ideal para este local, mas teriam de ser realizadas novas medições para comprovar este facto. Isso iria melhorar a capacidade de visão, de modo a garantir a segurança de utentes que tenham mais dificuldade neste processo, pois poderiam ver melhor os degraus para se deslocarem.

#### 4.2.2.7. Outros Espaços

Em outros espaços estão incluídos um Gabinete de Consulta externa, uma Farmácia e a Biblioteca.

O Gabinete de Consulta Externa (ou consultório médico) é o local onde o médico de uma determinada especialidade recebe o seu paciente e faz um primeiro diagnóstico. Também podem ser realizados alguns exames, como os auditivos ou visuais, pelo que será necessária iluminação apropriada.

A Farmácia é o espaço que proporciona a realização de investigação científica ou tecnológica em condições apropriadas e possibilita a fazer experiências e medições. É importante possuir uma boa iluminação, uma vez que as tarefas visuais são exigentes

A Biblioteca é o espaço onde existe uma coleção de fontes de informação e recursos devidamente organizados, tanto sob o suporte físico como digital. É um local no qual, por norma, não se faz barulho para os seus utilizadores poderem ter a sua capacidade de concentração ao máximo para os estudos que poderão realizar.

##### Gabinete de Consulta Externa

Existem gabinetes de consulta externa de vários tipos no HPH, sendo que são semelhantes a este em termos de iluminação (tabela 65).

**Tabela 65 - Características do Gabinete de Consulta Externa**

Gabinete de Consulta Externa	Informações
Localização	Piso 0
Setor	Consulta Externa
Período de Funcionamento	08:00 - 20:00, dias úteis
Dimensões (Área)	3,9 x 2,9 (11,31 m <sup>2</sup> )

O presente caso foi um gabinete de consulta externa de audiologia, que estava dotado do equipamento que ilustra a figura 127. Este local está equipado com duas luminárias que contém duas lâmpadas fluorescentes tubulares T8 de 36W cada e que se podem ver na figura 128, sendo que não existe luz de fonte natural. Na figura 129 encontra-se a planta Autocad deste local, com a disposição das luminárias.



Figura 127 - Gabinete de Consulta Externa (Fotografia 1)

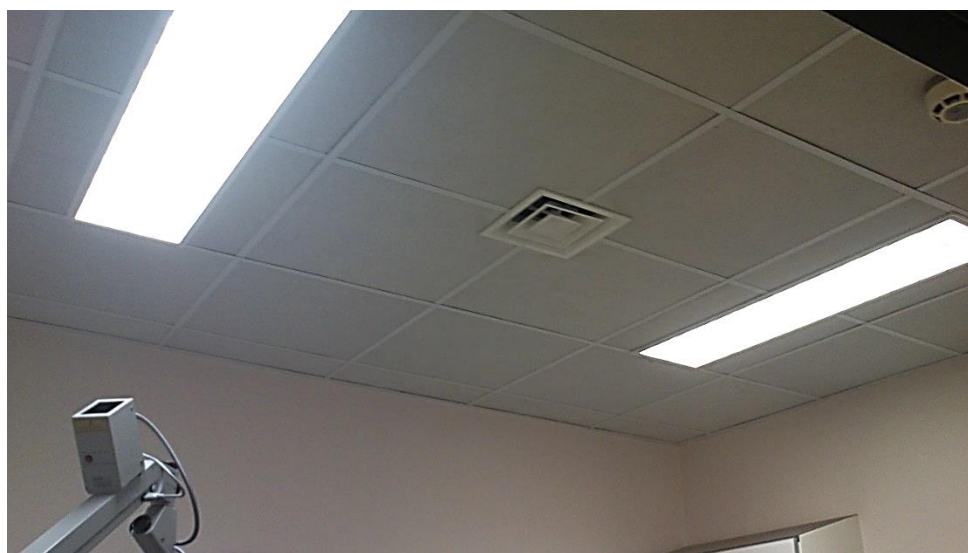


Figura 128 - Gabinete de Consulta Externa (Fotografia 2)



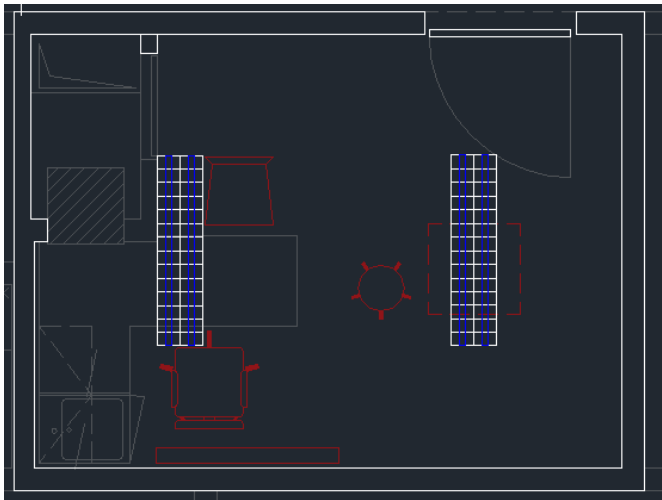


Figura 129 - Planta Autocad do Gabinete de Consulta Externa

Este local enquadra-se, de acordo com a norma EN-12464, nas salas de exame, onde é necessária uma iluminância geral média de 500 lux mas, em caso de realização de exames ou tratamentos, este valor deve ser de 1.000 lux. As caraterísticas ideais para este local encontram-se na tabela 66. Foram realizadas as medições ao nível da mesa de trabalho, onde se encontra um computador e também na cadeira de exames (neste caso, auditivos). Os valores obtidos encontram-se ilustrados na figura 130.

Tabela 66 - Caraterísticas Ideais para Salas de Exame [20]

Table 5.40 — Health care premises – Examination rooms (general)

Ref. no.	Type of area, task or activity	$\bar{E}_m$ lx	$UGR_L$ —	$U_o$ —	$R_a$ —	Specific requirements
5.40.1	General lighting	500	19	0,60	90	4 000 K $\leq T_{CP} \leq$ 5 000 K
5.40.2	Examination and treatment	1 000	19	0,70	90	

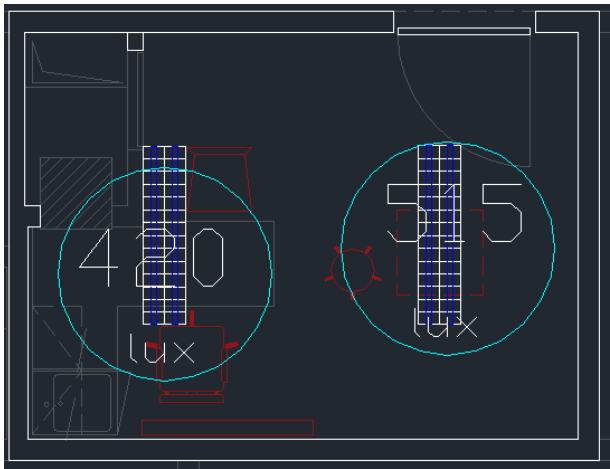


Figura 130 - Planta Autocad do Gabinete de Consulta Externa com Medições de Iluminância



A iluminância média obtida é de 468 lux, o que é um valor muito próximo do recomendado, pelo que não necessitará de ser alterada. Quanto à parte da realização de exames, o equipamento da sala inclui luz própria, o que faz com que a iluminância seja a mais adequada para a realização desses exames. Pode-se aumentar a eficiência deste gabinete e outros semelhantes. Foram considerados nos cálculos de estudo de soluções que trabalham 12 horas por dia, nos dias úteis do ano. Os resultados seguem-se nas tabelas 67 e 68.

**Tabela 67 - Consumo Anual Tecnologia Existente e Soluções no Gabinete do Consulta Externa**

	Situação	Potência	Redução (%)	Redução (W)	Consumo Anual (kWh)
<b>Atual</b>	Balastro Magnético (T8)	180W	-	-	563,76 kWh
<b>Atual</b>	Balastro Eletrónico (T8)	152W	15,56%	28W	476,06 kWh
<b>Proposta 1</b>	Ecotubo (T5)	124W	31,11%	56W	388,37 kWh
<b>Proposta 2</b>	LED	72W	60%	108W	225,5 kWh

**Tabela 68 - Análise Viabilidade de Investimento das Soluções no Gabinete de Consulta Externa**

	Situação	Preço Un.	Investimento	Custo Anual	Poupança	Retorno
	<b>Balastro Magnético (T8)</b>	-	-	59,38€	-	-
	<b>Balastro Eletrónico (T8)</b>	-	-	50,14€	9,24€	-
	<b>Ecotubo (T5)</b>	23,50€	94€	40,9€	18,47€	5,09 anos
	<b>LED</b>	23,78€	95,12€	23,75€	35,63€	2,67 anos

A substituição da tecnologia atual vai permitir uma poupança anual de 18,47€ anual com um investimento de 94€ com a solução de Ecotubos e com a solução de LED a poupança anual será de 35,63€ com um investimento de 95,12€. O retorno mais favorável corresponde ao investimento em lâmpadas LED cuja liquidação ocorre ao fim de 2,67 anos.

## Farmácia

A farmácia é um espaço relativamente pequeno, com duas bancadas para realização de experiências (tabela 69). O sistema de iluminação é composto por uma armadura de duas lâmpadas fluorescentes lineares T8 de 36W cada. O local encontra-se ilustrado na figura 131 e a sua planta com a inclusão de luminária na figura 132.

Tabela 69 - Características da Farmácia

Farmácia	Informações
Localização	Piso -1
Setor	Farmácia
Período de Funcionamento	09:00 - 20:00
Dimensões (Área)	4,7 x 2 (9,4 m <sup>2</sup> )



Figura 131 - Farmácia (Fotografia 1)

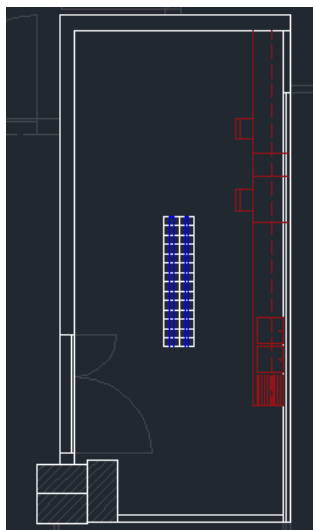


Figura 132 - Planta Autocad da Farmácia

De acordo com a norma, as caraterísticas ideais para laboratórios e farmácias encontram-se descritas na tabela 70.

Tabela 70 - Caraterísticas Ideais para Laboratórios e Farmácias [20]

Table 5.49 — Health care premises – Laboratories and pharmacies

Ref. no.	Type of area, task or activity	$\bar{E}_m$ lx	$UGR_L$ –	$U_o$ –	$R_a$ –	Specific requirements
5.49.1	General lighting	500	19	0,60	80	
5.49.2	Colour inspection	1 000	19	0,70	90	6 000 K ≤ $T_{CP}$ ≤ 6 500 K

Foram realizadas medições ao longo das bancadas e no espaço entre elas e os valores foram registados e encontram-se ilustrados na figura 133. Este espaço não tem acesso a luz proveniente de fonte natural.

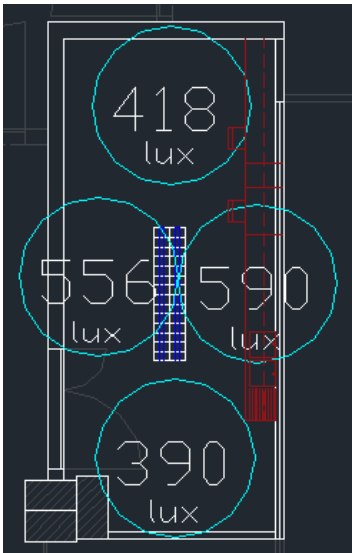


Figura 133 - Planta Autocad da Farmácia com Medição de Iluminância

A iluminância média obtida foi de 489 lux, o que é um valor muito próximo dos 500 lux recomendados. Ao nível das bancadas, local onde se realiza a tarefa visual, conseguimos obter valores mais elevados do que nas extremidades da sala. A eficiência energética deste espaço pode ser aumentada pela substituição do conjunto lâmpada/balastro e propostas de soluções são apresentadas nas tabelas 71 e 72. Os resultados correspondem a uma utilização da sala durante 8 horas por dia, apenas nos dias úteis do ano.

Tabela 71 - Consumo Anual Tecnologia Existente e Soluções na Farmácia

	Situação	Potência	Redução (%)	Redução (W)	Consumo Anual (kWh)
Atual	Balastro Magnético (T8)	90W	-	-	187,92 kWh
Atual	Balastro Eletrónico (T8)	76W	15,56%	14W	152,69 kWh
Proposta 1	Ecotubo (T5)	62W	31,11%	28W	129,46 kWh
Proposta 2	LED	36W	60%	54W	75,17 kWh

Tabela 72 - Análise Viabilidade de Investimento das Soluções na Farmácia

Situação	Preço Un.	Investimento	Custo Anual	Poupança	Retorno
Balastro Magnético (T8)	-	-	19,79€	-	-
Balastro Eletrónico (T8)	-	-	16,71€	3,08€	-
Ecotubo (T5)	23,50€	47€	13,63€	6,16€	7,63 anos
LED	23,78€	47,56€	7,91€	11,88€	4,01 anos

Como se trata apenas de um espaço com duas lâmpadas, a sua substituição nunca será muito significativa, a nível do impacto que terá no contexto hospitalar. Ainda assim, é possível reduzir custos de energia nesta sala pela troca das lâmpadas atuais, ou por Ecotubos, ou por LED. A substituição por Ecotubos não é viável pois o seu retorno ultrapassa os 7 anos e meio, o que é um valor exagerado. A substituição das lâmpadas atuais por LED tem um retorno de 4 anos o que também é um valor um pouco elevado mas que se aplicado a vários espaços com as mesmas características, já poderá permitir economias importantes à instituição.

## Biblioteca

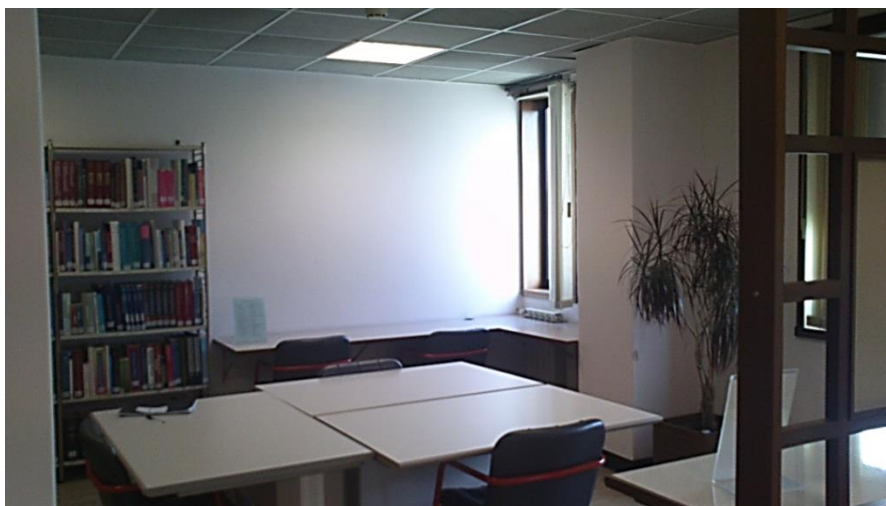
A Biblioteca é um local único no hospital, para leitura e estudo por parte de Médicos, Enfermeiros e Estagiários do hospital (tabela 73). É um espaço amplo, com imensa luz proveniente do exterior, devido à presença de algumas janelas. O espaço é observável nas figuras 134 e 135.

Tabela 73 - Características da Biblioteca

Biblioteca	Informações
Localização	Piso 1
Setor	Biblioteca
Período de Funcionamento	09:00 - 17:00, dias úteis
Dimensões (Área)	16 x 5,4 (86,4 m <sup>2</sup> )



Figura 134 - Biblioteca (Fotografia 1)



**Figura 135 - Biblioteca (Fotografia 2)**

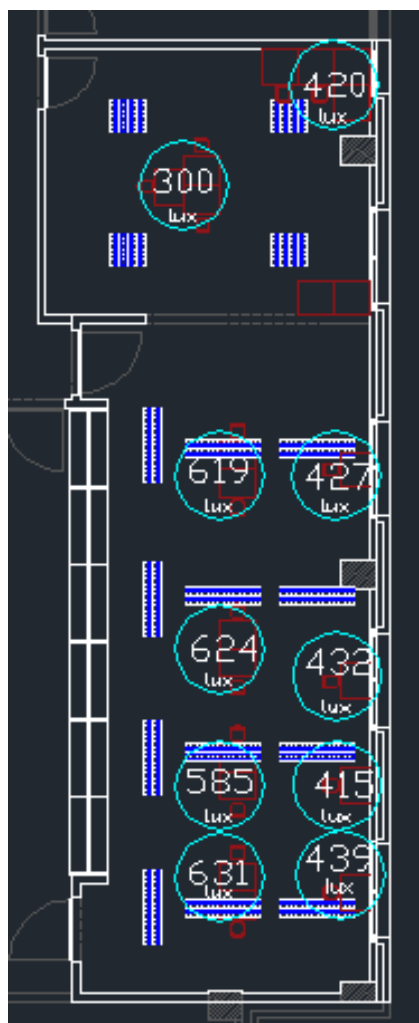
As normas referem-se a espaços específicos de hospitais, o que não é o caso de Bibliotecas. Foi necessário recorrer à tabela 74, que lista as condições ideais de iluminação em Bibliotecas que fazem parte de edifícios educacionais, mas que é o que se aplica neste caso.

**Tabela 74 - Características Ideais de Iluminação para Bibliotecas em Edifícios Educacionais [20]**

**Table 5.36 — Educational premises – Educational buildings (continued)**

Ref. no.	Type of area, task or activity	$E_{av}$ lx	$UGR_L$ –	$U_o$ –	$R_a$ –	Specific requirements
5.36.21	Library: bookshelves	200	19	0,60	80	
5.36.22	Library: reading areas	500	19	0,60	80	

Nas áreas de leitura devemos ter uma iluminância média de 500 lux, enquanto que, perto das estantes onde se encontram os livros, esta deve ser de 200 lux. Foram realizadas as medições ao nível das mesas onde se processa a tarefa visual de leitura. Existem quatro luminárias de quatro lâmpadas fluorescentes T8 de 18W e doze luminárias de duas lâmpadas fluorescentes T8 de 36W. Foram fechados os estores e persianas, para não existir influência de luz solar no estudo. Os resultados obtidos estão ilustrados na figura 136, bem como a disposição das luminárias no espaço.



**Figura 136 - Planta Autocad da Biblioteca com Medições de Iluminância**

Da forma como estão expostas as luminárias nota-se facilmente que são obtidos valores superiores de iluminância do lado esquerdo da sala. Isso é normal, pois onde obtemos valores mais reduzidos (lado direito), a luz artificial pode ser colmatada pela presença de luz solar. A iluminância média do espaço é de 489 lux. A biblioteca tem iluminação proveniente de duas fontes distintas pelo que a análise económica será referida para os dois tipos de lâmpadas existentes. No primeiro caso, nas tabelas 75 e 76 é feita a análise para as lâmpadas fluorescentes tubulares T8 de 120 cm e no segundo caso, nas tabelas 77 e 78 é feita a análise para as lâmpadas fluorescentes T8 de 60cm. Em ambos os casos foi considerada a utilização de 8 horas diárias, apenas em dias úteis, da biblioteca.

Tabela 75 - Consumo Anual Tecnologia Existente e Soluções na Biblioteca

	Situação	Potência	Redução (%)	Redução (W)	Consumo Anual (kWh)
Atual	Balastro Magnético (T8)	1080W	-	-	2.255,04 kWh
Atual	Balastro Eletrónico (T8)	912W	15,56%	168W	1.904,26 kWh
Proposta 1	Ecotubo (T5)	744W	31,11%	336W	1.553,47 kWh
Proposta 2	LED	432W	60%	648W	902,02 kWh

Tabela 76 - Análise Viabilidade de Investimento das Soluções na Biblioteca

Situação	Preço Un.	Investimento	Custo Anual	Poupança	Retorno
Balastro Magnético (T8)	-	-	237,5€	-	-
Balastro Eletrónico (T8)	-	-	200,56€	36,95€	-
Ecotubo (T5)	23,50€	564€	163,61€	73,89€	7,63 anos
LED	23,78€	570,72€	95€	142,5€	4,01 anos

O consumo de energia da iluminação da biblioteca é bastante alto devido ao número de luminárias que tem e uma vez que apresenta boas condições de luz de fonte natural deve ser aumentada a sua eficiência. Mais uma vez foram avaliadas duas propostas e a proposta de substituição de lâmpadas fluorescentes T8 por lâmpadas LED reduz o consumo em 60% caso a sala esteja equipada apenas com balastros ferromagnéticos. Com um investimento de 570,72€ vamos obter um custo anual de 95€ comparativamente aos anteriores 237,5€ e a sua liquidação ocorre ao fim de 4 anos.

Tabela 77 - Consumo Anual Tecnologia Existente e Soluções na Biblioteca

Situação	Situação	Potência	Redução (%)	Redução (W)	Consumo Anual (kWh)
Atual	T8 18W	288W	-	-	601,34 kWh
Proposta	T5 14W	224W	22,22%	64W	476,71 kWh

Tabela 78 - Análise Viabilidade de Investimento das Soluções na Biblioteca

Situação	Preço Un.	Investimento (€)	Custo Anual (€)	Poupança (€)	Retorno
T8 18W	-	-	63,33€	-	-
T5 14W	1,80€	29,6€	49,26€	14,07€	2,1 anos



Neste segundo caso a substituição de lâmpadas de 18W por 14W permite uma poupança de 14,07€ anual com um investimento de 29,6€. O período de retorno é de 2,1 anos, o que é um valor aceitável para a redução de consumo anual de 124,63 kWh.



# Capítulo 5

## Conclusão

Este capítulo apresenta os resultados do estudo, nomeadamente em termos económicos, ao nível do investimento e retorno. Apresenta ainda algumas recomendações e possibilidades de trabalhos futuros.

### 5.1 - Resultados do Estudo

Nesta secção apresentam-se os resultados gerais do estudo realizado para cada um dos casos anteriores, generalizados a todo o hospital. São referidos os valores para três tipos diferentes de luminárias. É o caso das luminárias de cama que se encontram nas enfermarias, as luminárias de 1,20m de duas lâmpadas e as luminárias de 60cm de quatro lâmpadas. O número de luminárias para cada caso foi recolhido de um levantamento realizado em 2010, mas como não houve alteração, o número ainda se considera atual.

Tal como referido anteriormente, no HPH encontram-se diariamente ocupadas por pacientes cerca de 350 camas. Foi realizado o estudo para um destes casos e de seguida serão demonstrados os resultados da sua aplicação, não só numa cama, mas sim nas 350 das enfermarias. Os resultados obtidos são apresentados nas tabelas 79 e 80.

**Tabela 79 - Consumo Anual Tecnologia Existente e Soluções em 350 Camas**

	Situação	Potência	Redução (%)	Redução (W)	Consumo Anual (kWh)
Atual	2G11 36W +T8 18W	31,5 kW	-	-	91.980 kWh
Proposta	2G11 22W +T5 14W	20,3 kW	35,56%	11,2 kW	59.276 kWh

Tabela 80 - Análise Viabilidade de Investimento das Soluções em 350 Camas

Situação	Preço Un.	Investimento (€)	Custo Anual (€)	Poupança (€)	Retorno
2G11 36W +T8 18W	-	-	9.687,3€	-	-
2G11 22W +T5 14W	5,95€ 1,15€	4.567,5€	6.242,9€	3.444,4€	1,33 anos

É atribuído um desconto de 37,8% do preço normal das lâmpadas quando são adquiridas mais de 50 unidades enquanto que se fosse só para o caso de, por exemplo, na sala de enfermagem o preço seria de 1,85€ por unidade por não existir desconto de unidade única.

São no total 1050 lâmpadas para substituição. Cada unidade das lâmpadas de 22W tem um custo associado de 5,95€. O investimento nos dois tipos de lâmpadas é de 4.567,5€. Atualmente o consumo anual é de 91.980 kWh, ou seja, 9.687,3€. Com a realização do investimento, o consumo anual seria reduzido para 59.276 kWh, ou seja, 6.242,9€ o que corresponde a uma poupança anual de 3.444,4€. O investimento ficaria liquidado em 1,33 anos. As armaduras de 60cm de 4 lâmpadas ainda não foram alvo de nenhuma substituição de lâmpadas e portanto continuam a utilizar lâmpadas fluorescentes lineares T8 de 18W. Verifica-se que se podem obter valores similares de iluminação com a substituição por lâmpadas T5 de 14W. Existem atualmente 291 armaduras deste tipo no hospital, o que corresponde a 1164 lâmpadas.

Tabela 81 - Consumo Anual Tecnologia Existente e Solução nas Armaduras de 60cm com Capacidade Para 4 Lâmpadas

	Situação	Potência	Redução (%)	Redução (W)	Consumo Anual (kWh)
Atual	T8 18W	20,95 kW	-	-	54.684,72 kWh
Proposta	T5 14W	16,3 W	22,22%	4.656 W	42.532,56 kWh

Tabela 82 - Análise Viabilidade de Investimento das Solução nas Armaduras de 60cm com Capacidade Para 4 Lâmpadas

Situação	Preço Un.	Investimento (€)	Custo Anual (€)	Poupança (€)	Retorno
T8 18W	-	-	5.759,39€	-	-
T5 14W	1,15€	1.338,6€	4.479,53€	1.279,87€	1,05 anos

Existem 1847 armaduras de 120cm de duas lâmpadas nos três corpos do hospital. A maioria é utilizada nos corredores e nestes apenas um terço se encontra ligado e já equipado com Ecotubos. Vai ser feita uma estimativa para 1500 luminárias deste tipo com as tecnologias de

iluminação utilizadas para as propostas anteriores com utilização média de 10 horas por dia durante todo o ano.

**Tabela 83 - Consumo Anual Tecnologia Existente e Soluções para 1.500 Armaduras de 120cm de 2 Lâmpadas**

	Situação	Potência	Redução (%)	Redução (W)	Consumo Anual (MWh)
Atual	Balastro Magnético (T8)	135 kW	-	-	492,75 MWh
Atual	Balastro Eletrónico (T8)	114 kW	15,56%	14 kW	416,1 MWh
Proposta 1	Ecotubo (T5)	93 kW	31,11%	28 kW	339,45 MWh
Proposta 2	LED	54 kW	60%	54 kW	197,1 MWh

**Tabela 84 - Análise Viabilidade de Investimento das Soluções para 1.500 Armaduras de 120cm de 2 Lâmpadas**

Situação	Preço Un.	Investimento	Custo Anual	Poupança	Retorno
Balastro Magnético (T8)	-	-	51.896,43€	-	-
Balastro Eletrónico (T8)	-	-	43.823,65€	8.072,78€	-
Ecotubo (T5)	23,50€	70.500€	35.750,87€	16.145,56€	4,37 anos
LED	23,78€	71.340€	20.748,57€	31.137,86€	2,29 anos

A melhor solução para este tipo de armaduras é, sem dúvida, a proposta de lâmpadas LED, cujo retorno é de 2,29 anos para um investimento de 71.340€, o que permite uma poupança anual de 31.137,86€.

O consumo de eletricidade no hospital em 2013 foi de 6.740,367 MWh (tabela 30) e o correspondente consumo de iluminação 14,09% (figura 74) foi de 949,72 MWh. Com todas as diferentes propostas para os três diferentes tipos de armaduras estamos a atuar em melhorar a eficiência energética de 639,43 MWh, ou seja, em 67,3% do consumo total da iluminação do hospital (e sem a consideração de todos os balastros). O consumo atual analisado foi considerado apenas para as lâmpadas, exceto no caso das armaduras de 120cm, em que o consumo foi considerado com balastro ferromagnético para as lâmpadas fluorescentes T8. Na tabela 85 pode ver-se o investimento que seria necessário em cada situação e os respetivos consumos e custos propostos comparados com a situação atual que foi analisada.

**Tabela 85 - Comparação dos Consumos e Custos Propostos com os Atuais, após Investimento**

Situação	Investimento	Consumo Atual Analisado	Consumo Proposto	Custo Atual Analisado	Custo Proposto
350 Camas	4.567,5€	92 MWh	59,3 MWh	9.687,3€	6.242,9€
Armaduras (60cm)	1.338,6€	54,68 MWh	42,53 MWh	5.759,39€	4.479,53€
Armaduras (120cm)	71.340€	492,75 MWh	197,1 MWh	51.896,43€	20.748,57€
<b>Total</b>	<b>77.246,1€</b>	<b>639,43 MWh</b>	<b>298.93 MWh</b>	<b>67.343,12€</b>	<b>31.471€</b>

Com um investimento total de cerca de 77.000€ é possível baixar o consumo da energia analisada para menos de metade (de 639,43 MWh para 298,93 MWh, para cerca de 45,81% do atual) o que corresponde a baixar o custo anual de 67.343,12€ para 31.471€ (menos 35.872,12€ por ano). A inclusão de todas estas tecnologias, com o investimento, prevê um retorno em menos de dois anos e meio (2,45 mais precisamente).

## 5.2 - Recomendações

A melhoria de eficiência energética cabe-nos a todos, de modo a contribuirmos para um melhor planeta, com perspetivas de futuro. Na verdade, é possível preservar a Terra em que vivemos, sem degradar as condições atualmente consideradas imprescindíveis a uma boa qualidade de vida, como é o caso da utilização da energia elétrica.

A prova disso mesmo é este estudo, que analisou uma situação específica onde seria vantajoso reduzir o consumo de eletricidade da iluminação, sem por isso alterar o bem-estar e o conforto dos seus utilizadores e cumprindo as normas europeias em vigor.

Caberia a quem de direito analisar as propostas de investimento aqui apresentadas, de modo a aferir a sua aplicabilidade no contexto para usufruir dos benefícios referidos, no respeito pelas normas e garantindo o bem-estar e a segurança dos utilizadores. Neste âmbito, deveria ser dada especial atenção às características das lâmpadas escolhidas, nomeadamente à temperatura de cor. Na verdade, apesar de terem sido selecionadas lâmpadas com características semelhantes, a cor da luz fornecida por uma lâmpada LED não é igual à de um Ecotubo e, por essa razão, devem ser tomadas decisões quanto ao que seria mais vantajoso para cada situação.

Tal como dizia Gandhi “Sê a mudança que queres ver no mundo”, porque é na transformação de pequenas coisas que se podem vir a alterar as maiores.

Cabe a todos contribuir para melhorar a eficiência energética, através não só de pequenos gestos, mas também de alterações inteligentes, que visem obter um bem maior, a redução do consumo de energia.

### 5.3 - Trabalhos Futuros

Em primeiro lugar e reportando ainda ao contexto em que decorreu o estudo, poderia ser útil alargar o mesmo a locais que não foram abrangidos e que possam também ser alvo de intervenção através da realização de medições e respetiva comparação com os valores indicados nas normas para a garantia da segurança e bem-estar. Provavelmente seriam detetados alguns locais a necessitar de uma análise mais aprofundada, com recurso a programas de iluminação como o *Dialux*, para relocalização de luminárias num certo espaço.

Em alguns dos casos atrás descritos foram referidas recomendações de substituição de fontes de luz que se pensa atingirem os valores estipulados pelas normas, mas estes deverão ser comprovados com a realização de novas medidas de iluminância.

Caso o investimento proposto neste estudo vá em frente, deverão também realizar-se medições complementares nos locais abrangidos, de modo a preservar o compromisso com o bem-estar e a segurança dos utilizadores da Instituição Hospitalar.





# Referências

- [1] Energy4me. Energy Sources. Disponível em <http://www.energy4me.org/energy-facts/energy-sources/>. Acesso em 26/Maio/2014.
- [2] Energy4me. Energy Source Comparison. Disponível em <http://www.energy4me.org/energy-facts/>. Acesso em 26/Maio/2014.
- [3] World Energy Council. World Energy Resources: 2013 Survey. Disponível em [http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/09/Complete\\_WER\\_2013\\_Survey.pdf](http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/09/Complete_WER_2013_Survey.pdf). Acesso em 15/Maio/2014
- [4] Associação de Energias Renováveis. Energias Renováveis. Disponível em <http://www.apren.pt/gca/?id=47>. Acesso em 26/Maio/2014.
- [5] Associação de Energias Renováveis. Dados técnicos: Produção. Disponível em <http://www.apren.pt/dadostecnicos/index.php?id=267>. Acesso em 27/Maio/2014
- [6] EDP. Origens da Eletricidade. Disponível em <http://www.edpsu.pt/pt/origemdaenergia/Pages/OrigensdaEnergia.aspx>. Acesso em 27/Maio/2014
- [7] EDP. Revolução Energética. Disponível em [http://www.a-nossa-energia.edp.pt/mais\\_melhor\\_energia/revolucao\\_energetica.php](http://www.a-nossa-energia.edp.pt/mais_melhor_energia/revolucao_energetica.php). Acesso em 27/Maio/2014
- [8] EcoEDP. Impactes da Energia no Ambiente. Disponível em <http://www.eco.edp.pt/pt/particulares/conhecer/o-que-e-a-eficiencia-energetica/no-mundo/impactos-da-energia-no-ambiente>. Acesso em 27/Maio/2014
- [9] EDP Serviço Universal. Rotulagem da Energia Elétrica. Abril 2014 Disponível em <http://www.edpsu.pt/pt/origemdaenergia/Folhetos%20de%20Rotulagem/Rotulagem%20de%20energia%20el%C3%A9trica%20EDP%20SU%202013.pdf>. Acesso em 27/Maio/2014
- [10] T. Fleiter, S. Hirzel, M. Jakob, J. Barth, L. Quandt, F. Reitze, F. Toro, M. Wietschel, “Electricity demand in the European service sector: A detailed bottom-up estimate by sector and by end-use.”, Disponível em [http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/e/de/publikationen/IEECB\\_\\_10\\_No50\\_Final\\_2.pdf](http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/e/de/publikationen/IEECB__10_No50_Final_2.pdf). Acesso em 30/Abril/2014
- [11] Carbon Trust. Hospitals: Healthy Budgets through Energy Efficiency. Disponível em [https://www.carbontrust.com/media/39216/ctv024\\_hospitals.pdf](https://www.carbontrust.com/media/39216/ctv024_hospitals.pdf). Acesso em 30/Abril/2014
- [12] ECO.AP - Barómetro de Eficiência Energética e Baixo Carbono na Administração Pública (ECO.AP). Disponível em [http://ecoap.adene.pt/pt\\_PT/barometro](http://ecoap.adene.pt/pt_PT/barometro). Acesso em 02/06/2014

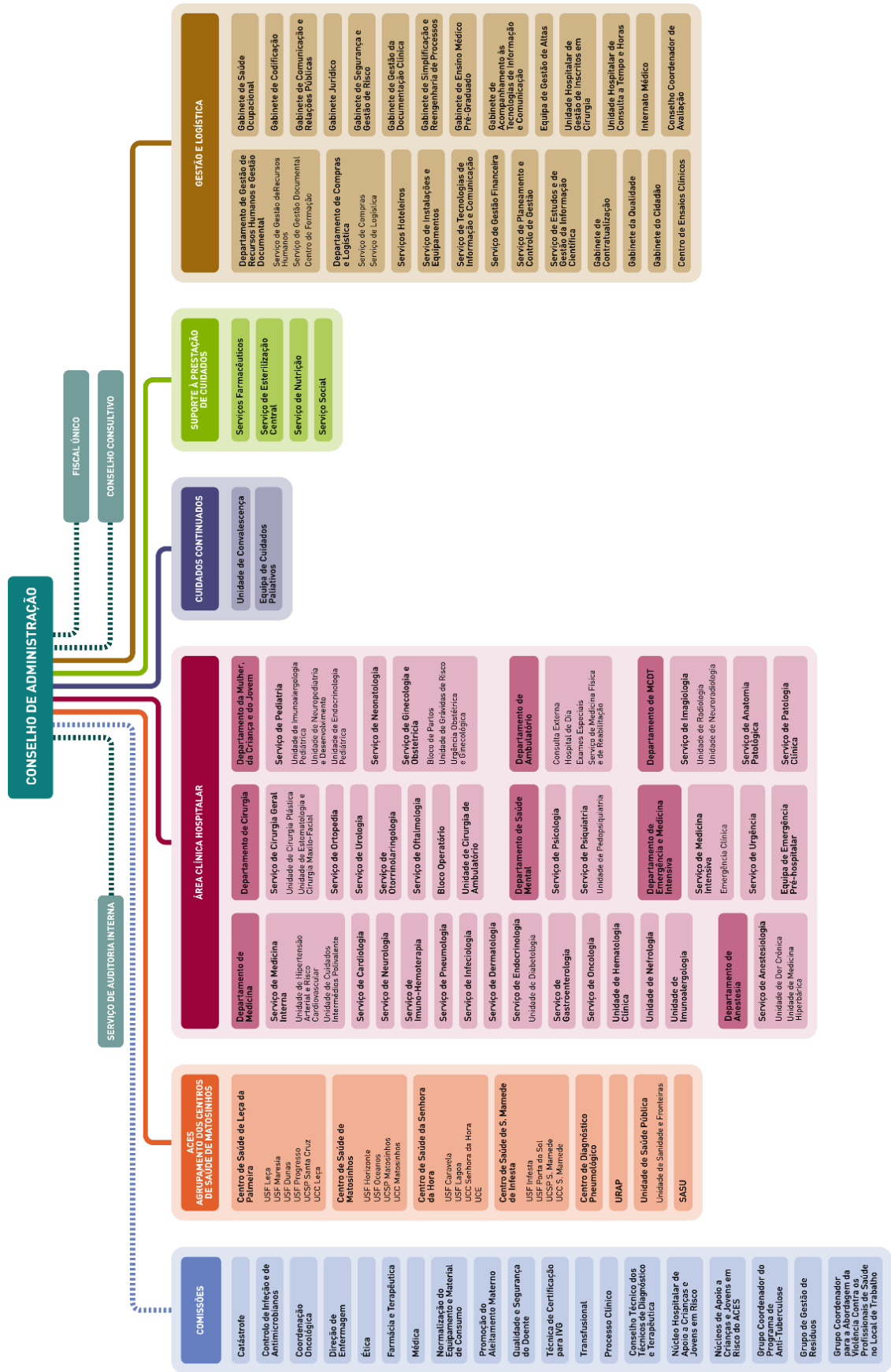
- [13] Adene - Agência para a Energia. Qualidade do Ar Interior. Disponível em <http://www2.adene.pt/pt-pt/SubPortais/SCE/Apresentacao/ProcessodaCertificacao/Paginas/Qualidadedoarinterior.aspx>. Acesso em 30/05/2014
- [14] P. Candura. Visão Humana. Disponível em [http://www.lume.com.br/pdf/ed03/ed\\_03\\_illum.pdf](http://www.lume.com.br/pdf/ed03/ed_03_illum.pdf) Acesso em 31/Março/2014.
- [15] Osram. Manual Luminotécnico Prático. Disponível em <http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Livros/ManualOsram.pdf>. Acesso em 27/Março/2014
- [16] P. Boyce, P. Raynham. "The SLL Lighting Handbook". London, The Society of Light and Lighting, 2009.
- [17] American Optometric Association. The Eye and Night Vision. <http://www.aoa.org/optometrists/tools-and-resources/clinical-care-publications/aviationvision/the-eye-and-night-vision>. Acesso em 31/Março/2014.
- [18] R. Sodocato. "Regulação da sobrevivência de neurónios da retina em desenvolvimento por adenosina e óxido nítrico". Niterói, Universidade Federal Fluminense, 2008.
- [19] EN-12665:2011. Light and Lighting - Basic terms and criteria for specifying lighting requirements. Publicado em Julho 2011.
- [20] EN-12464:2011. Light and Lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work places. Publicado em Novembro de 2011.
- [21] J. Neves dos Santos. Noções básicas de luminotecnica. Porto, FEUP. Editado em Julho de 2007.
- [22] Iluminância e cálculo luminotécnico. Disponível em <http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/tabelas/luminotecnica.pdf>. Acesso em 13/Abril/2014.
- [23] Médicos de Portugal. Percepção visual e condução automóvel. Disponível em [http://medicosdeportugal.saude.sapo.pt/utentes/olhos\\_ofthalmologia/percepcao\\_visual\\_e\\_conducao\\_automovel](http://medicosdeportugal.saude.sapo.pt/utentes/olhos_ofthalmologia/percepcao_visual_e_conducao_automovel). Acesso em 15/Abril/2014.
- [24] C. Krause. "Manual de Prédios Eficientes em Energia Elétrica". Disponível em <http://www.elektrobras.com/elb/services/DocumentManagement/FileDownload.EZTSvc.asp?DocumentID=%7BEDC0A75D-2824-4867-9DCB-D42D0F208D53%7D&ServiceInstUID=%7BAEBE43DA-69AD-4278-B9FC-41031DD07B52%7D>. Acesso em 16/Abril/2014.
- [25] Casa & Planos. Tipo de Luminárias. Disponível em <http://www.casaepianos.com/iluminacao/tipo-de-luminarias.html> Acesso em 15/Abril/2014.
- [26] Philips. Formatos e casquilhos. Disponível em <http://www.philips.pt/e/lighting-makeover/how-tos-overview/how-to-cap-shape.html>. Acesso em 15/Maio/2014
- [27] Comissão Europeia. A história da lâmpada incandescente. Disponível em [http://ec.europa.eu/energy/lumen/overview/avarietiedchoice/althistory/index\\_pt.htm](http://ec.europa.eu/energy/lumen/overview/avarietiedchoice/althistory/index_pt.htm). Acesso em 28/Abril/2014
- [28] L. Preza de Araújo. Tipos e características de lâmpadas: Sistemas de iluminação. Disponível em [http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/L%E2mpadas/tipos\\_caracteristicas\\_das\\_lampadas.pdf](http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/L%E2mpadas/tipos_caracteristicas_das_lampadas.pdf). Acesso em 6/Maio/2014

- [29] Fontes luminosas. Disponível em [http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/L%E2mpadas/Fontes\\_Lumin.pdf](http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/L%E2mpadas/Fontes_Lumin.pdf). Acesso em 06/Maio/2014
- [30] Ecoedp. Troca de lâmpadas tradicionais por lâmpadas economizadoras. Disponível em <http://www.eco.edp.pt/troca-lampadas-economizadoras>. Acesso em 01/Maio/2014
- [31] Ecoedp. Iluminação. Disponível em <http://www.eco.edp.pt/pt/particulares/conhecer/equipamentos-eficientes/iluminacao>. Acesso em 02/Maio/2014
- [32] A. Teixeira. “Eficiência energética das instalações de iluminação”. Disponível em [http://www.altercexa.eu/images/archivos/EFIC\\_ENERGET\\_INST\\_ILUM.pdf](http://www.altercexa.eu/images/archivos/EFIC_ENERGET_INST_ILUM.pdf). Acesso em 03/Maio/2014
- [33] European Sign Federation. Energy Efficiency Index for ballasts and light sources. Disponível em [http://www.eusigns.org/wp-content/uploads/2013/01/ESF\\_TC\\_ENERGY\\_EFF.pdf](http://www.eusigns.org/wp-content/uploads/2013/01/ESF_TC_ENERGY_EFF.pdf). Acesso em 08/Maio/2014
- [34] M. Mazzaroppi. “Sensores de movimento e presença”. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Novembro de 2007. Disponível em <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10001369.pdf>. Acesso em 08/Maio/2014
- [35] A. Teixeira. “Comando de circuitos de iluminação”. Disponível em <http://pt.scribd.com/doc/227700744/Comando-de-Circuito-de-Iluminacao>. Acesso em 03/Maio/2014
- [36] Ecoedp. Reciclagem de equipamentos. Disponível em <http://www.eco.edp.pt/particulares/agir/equipamentos-eficientes/reciclagem-de-equipamentos>. Acesso em 13/Maio/2014
- [37] Lawrence Berkeley National Laboratory. “What Is Energy Efficiency?”. Disponível em <http://eetd.lbl.gov/ee/ee-1.html>. Acesso em 15/Maio/2014
- [38] Fagerhult. Energy Efficiency in Lighting Installations. Disponível em <http://support.fagerhult.com/energy-efficiency-in-lighting-installations/>. Acesso em 13/Maio/2014
- [39] A. Teixeira. Escolha do Modo de Gestão de Iluminação. Porto, FEUP, 2006.
- [40] Iberinstal. Gestão Técnica Centralizada: Sistemas de Gestão Técnica Centralizada. Disponível em <http://www.iberinstal.pt/Servi%C3%A7os/Instala%C3%A7%C3%B5esEl%C3%A9ctricas/Gest%C3%A3oT%C3%A9cnicaCentralizada.aspx>. Acesso em: 11/Junho/2014
- [41] Netdoctor. How Light Affects Your Health. Disponível em <http://www.netdoctor.co.uk/healthy-living/wellbeing/how-light-affects-your-health.htm>. Acesso em 05/Junho/2014
- [42] Fagerhult. About Light and Health. Disponível em <http://support.fagerhult.com/about-light-and-health/>. Acesso em 05/Junho/2014
- [43] Siemens. Light has an impact on human well-being. Disponível em <http://www.healthcare.siemens.com/accessories-oem-equipment/lighting-solutions/lighting-psychology/light>. Acesso em 05/Junho/2014
- [44] E. Konstantinou, J. Silverster. “Lighting, Well-being and Performance at Work”. City University of London, Londres, 2010. Disponível em <http://www.cassknowledge.com/sites/default/files/article-attachments/lighting-work-performance-cass.pdf>. Acesso em 05/Junho/2014

- [45] Unidade Local de Saúde de Matosinhos. Serviço de Instalações e Equipamentos. Disponível em <http://www.ulsm.min-saude.pt/servicecontent.aspx?menuid=474>. Acesso em 21/05/2014.
- [46] C. Oliveira. “Avaliação de Soluções Energéticas em Ambiente Hospitalar - Uma Oportunidade de Negócio ESE”. Porto, FEUP, Julho de 2012.

## Anexos

Anexo A: Organigrama ULSM



## Anexo B: Plantas Autocad HPH

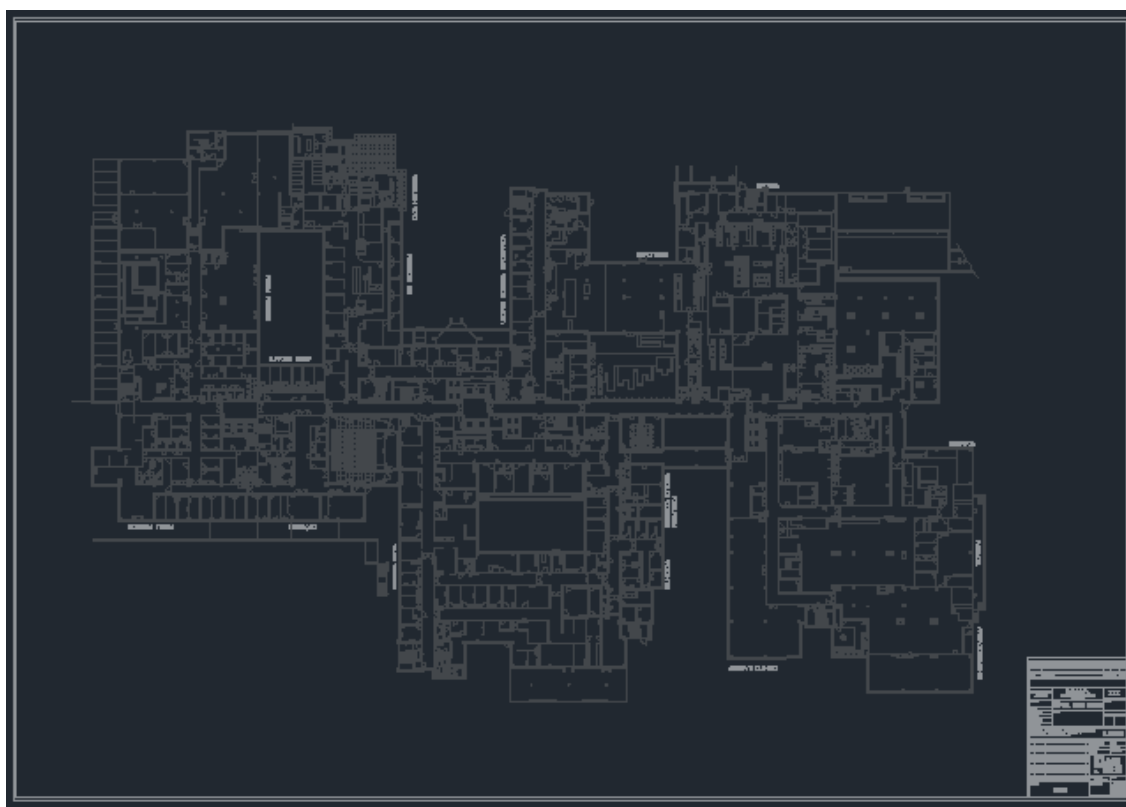


Figura 137 - Planta Autocad Piso -1

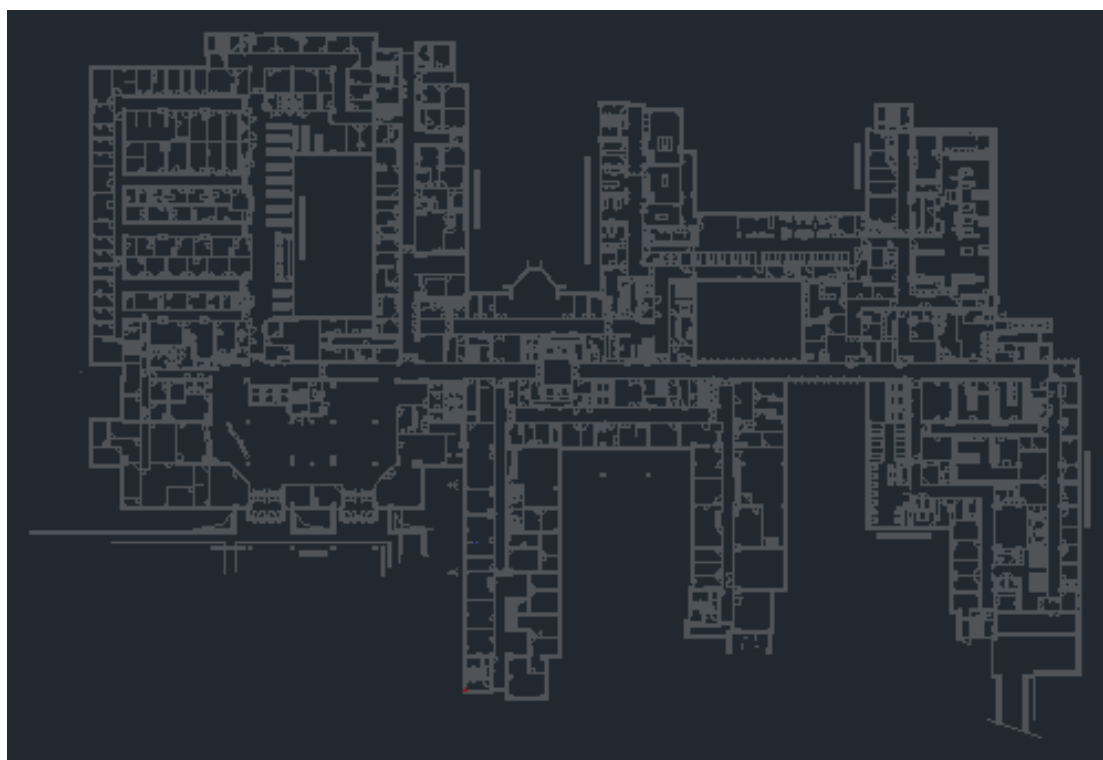


Figura 138 - Planta Autocad Piso 0

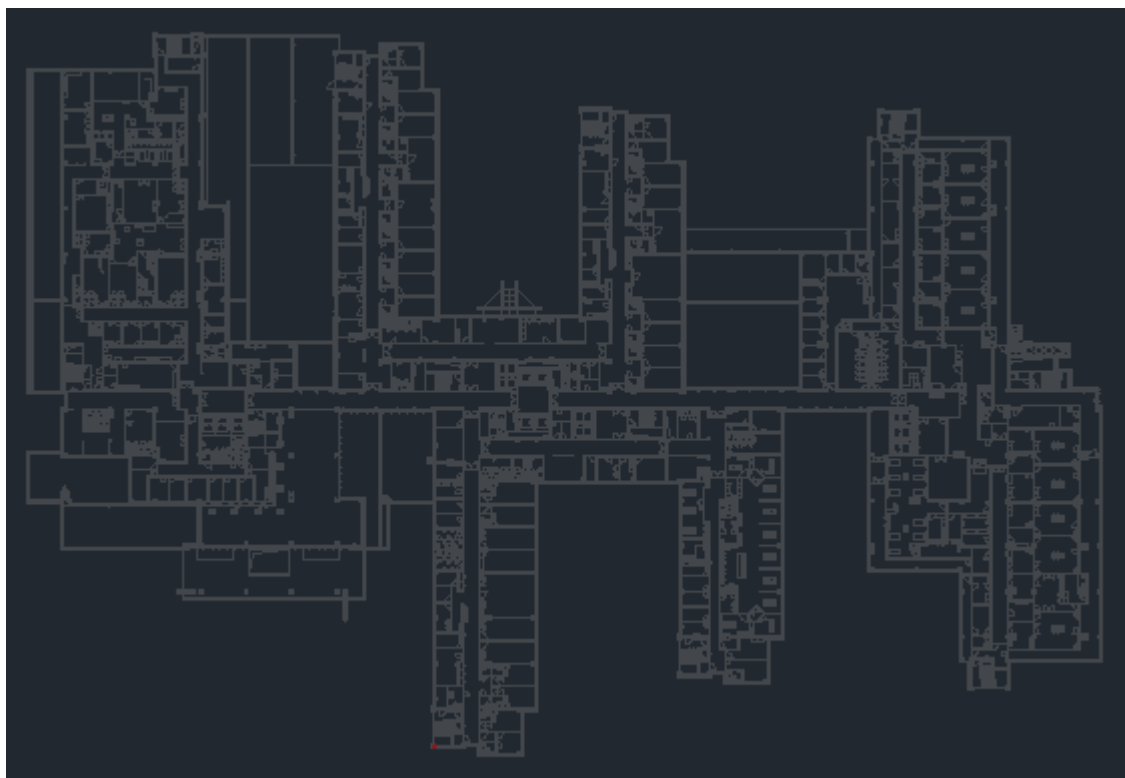


Figura 139 - Planta Autocad Piso 1

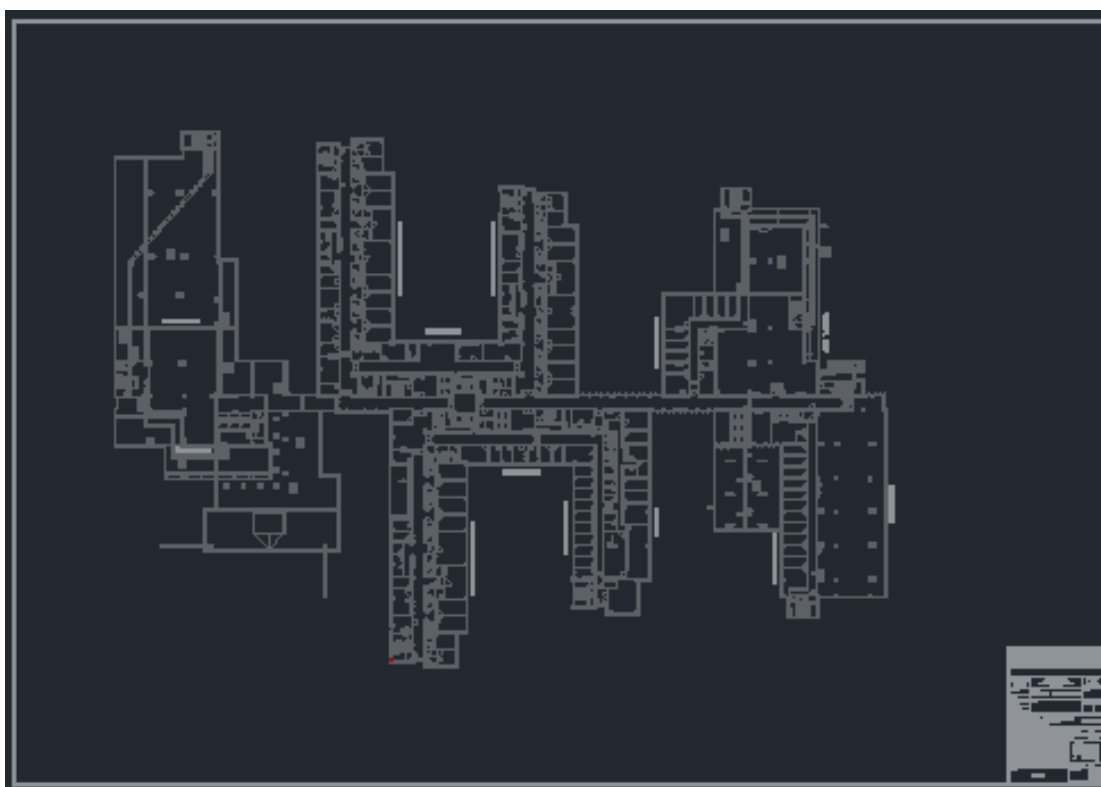


Figura 140 - Planta Autocad Piso 2



## Anexo C: Datasheet Luxímetro HT307



# HT307

Rel. 1.02 of 06/06/08

Digital Luxmeter with analogical DC output

Page 1 of 2

### 1. TECHNICAL SPECIFICATIONS

Accuracy is indicated as [% rdg]. It is referred to the following reference conditions: 23°C  $\pm$  5°C with RH < 70%. The luxmeter is calibrated with standard incandescent lamp at color temperature 2856 K.

#### Measuring range and accuracy

Range (Lux)	20	200	2k	20k	200k
Resolution (Lux)	0.01	0.1	1	10	100
Accuracy	$\pm$ (3% rdg)				

Range (fc)	20	200	2k	20k
Resolution (fc)	0.01	0.1	1	10
Accuracy	$\pm$ (3% rdg)			

- 1fc=10.76Lux, 1Klux=1000Lux, 1Kfc=1000fc.
- For temperature/color different from reference, accuracy its 6%rdg

#### Specifications

Spectral response:

CIE Photopic. (CIE human eye response curve).

Accuracy on angular deviation from cosine curve:

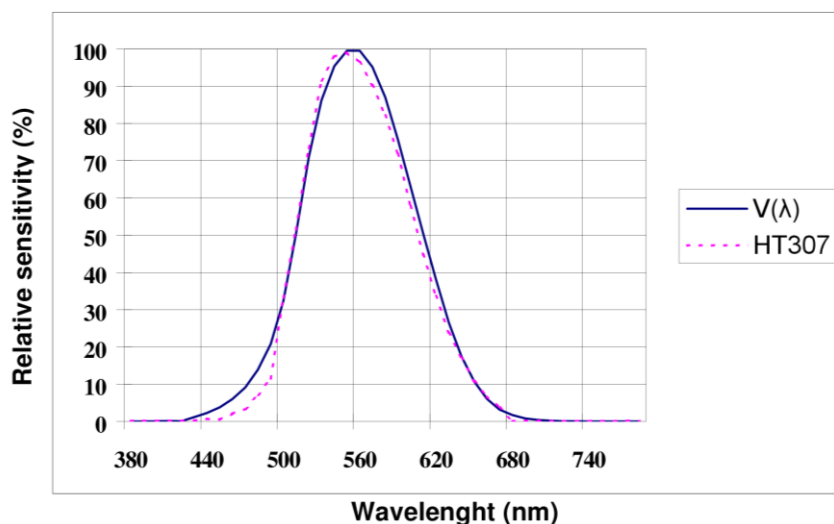
30° ( $\pm$  2%)60° ( $\pm$  6%)80° ( $\pm$  25%)

#### DC Analogical output specifications

Range lux/fc	20	200	2k	20k	200k
DC Output (mV)	10	1	0.1	0.01	0.001

#### Spectral sensitivity

The photodiode with filters makes the spectral sensitivity almost meet the CIE photo-optic curve  $V(\lambda)$  as shown below.



#### Photo detector

The photo detector is a silicon photodiode with spectral response filter.



# HT307

Rel. 1.02 of 06/06/08

Digital Luxmeter with analogical DC output

Page 2 of 2

## 2. GENERAL SPECIFICATIONS

### Mechanical characteristics

Size: 172(L) x 55(W) x 38(H)mm  
 Weight (including battery): about 250g

### Supply

Battery type: 1 battery 9V type 6LR61  
 Low battery indication: "E" is displayed when the battery level is too low.  
 Battery life: About 200 hours (carbon zinc.).

### Display

Characteristics: 5 digit LCD with "OL" indication.  
 Sample rate: 2.5 times/sec

### Standards considered

Refer standard: measure according to JIS C 1609:1993 and CNS 5119  
 general Class A specification

## ENVIRONMENTAL CONDITIONS

### Climatic conditions

Reference temperature:  $23^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$   
 Operating temperature:  $-10 \div 40^{\circ}\text{C}$   
 Operating humidity:  $<80\% \text{ RH}$   
 Storage temperature:  $-10 \div 50^{\circ}\text{C}$   
 Storage humidity:  $<70\% \text{ RH}$   
 Internal use: max. 2000m  
 Pollution degree: 2

## Anexo D: Legendagem Plantas Autocad

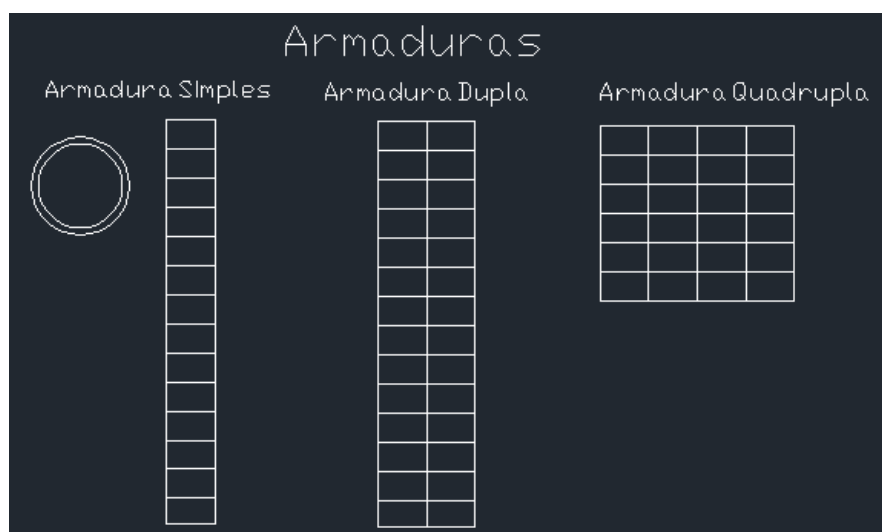


Figura 141 - Legendagem Armaduras/Luminárias em Autocad

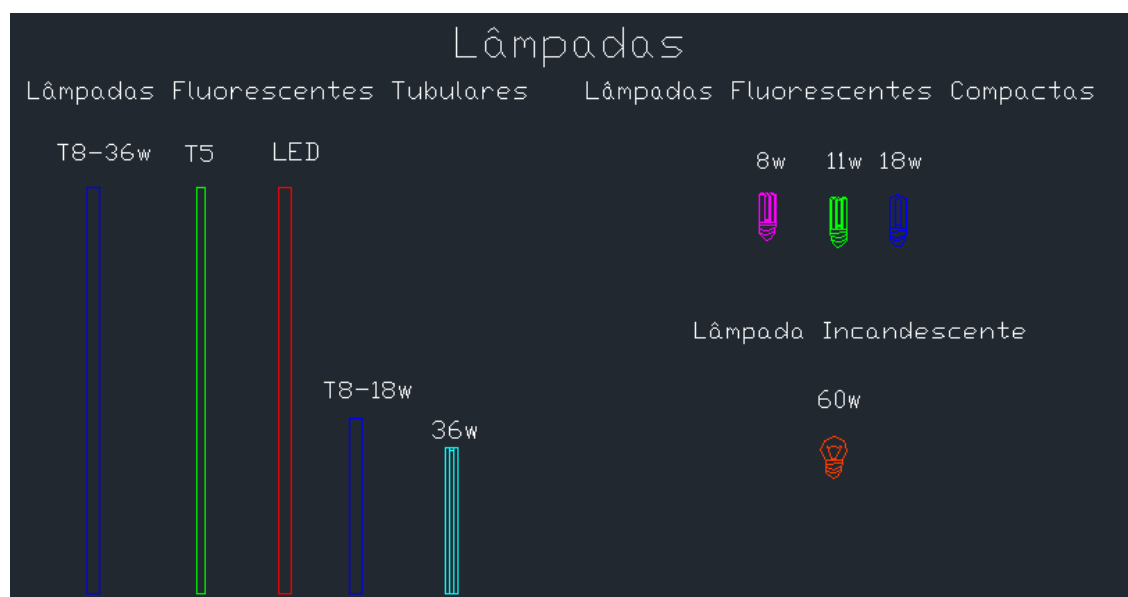


Figura 142 - Legendagem Lâmpadas em Autocad



Figura 143 - Representação da Iluminância em Autocad

## Anexo E: Lâmpadas e Cálculo Económico

De seguida, nas tabelas 86 87 e 88 apresentam-se as comparações das lâmpadas atuais com as propostas apresentadas. Estas tiveram em conta a necessidade de as características serem o mais semelhantes possível, bem como a redução da sua potência e o melhor preço obtido.

**Tabela 86 - Comparação Características Lâmpada Atual com Lâmpada Proposta para Iluminação das Camas**

	Lâmpada	Potência	Fluxo Luminoso	IRC	Temperatura de Cor
Atual	SYLVANA CF-L 36W/840	36 W	2936 lm	85	4000 K
Proposta	Osram Dulux L 22W/840HE	22 W	2200 lm	80-89	4000 K



**Figura 144 - Lâmpada SYLVANA CF-L 36W/840**

**Tabela 87 - Comparação Características Lâmpada Atual com Lâmpada Proposta para Armaduras de 60cm**

	Lâmpada	Potência	Fluxo Luminoso	IRC	Temperatura de Cor
Atual	Philips TL-D 18W/840	18 W	1050 lm	82	4000 K
Proposta	Hyundai HYZ14 CW	14 W	1140 lm	N/d	4200 K



**Figura 145 - Lâmpada Philips TL-D 18W/840**

**Tabela 88 - Comparação Características Lâmpada Atual com Lâmpadas Propostas para Armaduras de 120 cm**

	Lâmpada	Potência	Fluxo Luminoso	IRC	Temperatura de Cor
Atual	Philips TL-D 36W/840	36 W	2500 lm	82	4000 K
Proposta 1	Ecotubo EBM-128R HE	28 W	2600 lm	≥80	4000 K
Proposta 2	LUXBER LED18W1200mm	18W	1980 lm	N/d	4500 K



**Figura 146 - Lâmpada Philips TL-D 36W/840**

**Tabela 89 - Preço e Tempo de Vida das Lâmpadas Propostas**

Lâmpada	Preço / Un.	Tempo de Vida	Nr. Un. Adquirir
Osram Dulux L 22W/840HE	5,95€	20.000 horas	700
Hyundai HYZ14 CW	1,15€	8.000 horas	1514
Ecotubo EBM-128R HE	23,50€	24.000 horas	-
LUXBER LED18W1200mm	23,78€	50.000 horas	30000

Para o cálculo económico é necessário saber, em primeiro lugar, a potência das lâmpadas atualmente instaladas e a potência das lâmpadas para a sua substituição. Para cada caso específico são referidos o número de horas e o número de dias por ano que as lâmpadas vão estar em funcionamento. A potência total utilizada em cada situação e para cada lâmpada (atual e proposta) calcula-se da seguinte forma:

$$Potência\_Situação = Número\_Lâmpadas\_Local \times Potência\_Unidade\_Lâmpada$$

De seguida é realizada a comparação entre a situação atual e as situações propostas para calcular a redução em W e em percentagem do consumo atual. Isto efetua-se da seguinte forma:

$$Redução (W) = Potência\_Atual - Potência\_Proposta$$

$$Redução (\%) = 100 - (Potência\_Atual/Potência\_Proposta) * 100$$

É possível calcular o consumo anual para cada situação, sabendo a potência das lâmpadas de determinado local, o número de horas que se encontram ligadas por dia e o número de dias que se encontram ligadas por ano:

$$\text{Consumo\_Anual (kWh)} = \text{Potência} \times \text{Número\_Horas\_ON\_Dia} \times \text{Número\_Dias\_ON\_Ano}$$

Foi admitido que o preço do kWh para a Instituição Hospitalar é de 0,10532€. Assim, para calcular o custo anual de cada situação utilizou-se a seguinte equação:

$$\text{Custo\_Anual (€)} = 0,10532 \times \text{Consumo\_Anual (kWh)}$$

O investimento foi calculado através do preço unitário de cada lâmpada, multiplicado pelo número de lâmpadas no local:

$$\text{Investimento (€)} = \text{Número\_Lâmpadas\_Local} \times \text{Preço\_Unidade\_Lâmpada}$$

Sabe-se a poupança resultante quando, ao custo anual da situação atual, subtraímos o custo anual da situação proposta.

$$\text{Poupança\_Solução (€)} = \text{Custo\_Anual\_Atual} - \text{Custo\_Anual\_Solução}$$

Sabendo a poupança que se obtém ao aplicar cada solução, é possível calcular o período de liquidação do investimento, o qual se designa por retorno.

$$\text{Retorno (anos)} = \text{Investimento} / \text{Poupança\_Solução}$$

## Anexo F: Gestão Técnica Centralizada no HPH

A GTC engloba diversos equipamentos de controlo de determinadas variáveis, que enviam as informações para um computador central que, no caso do HPH, se encontra no gabinete do SIE e que está ligado a um monitor, como pode ver-se na figura 147.

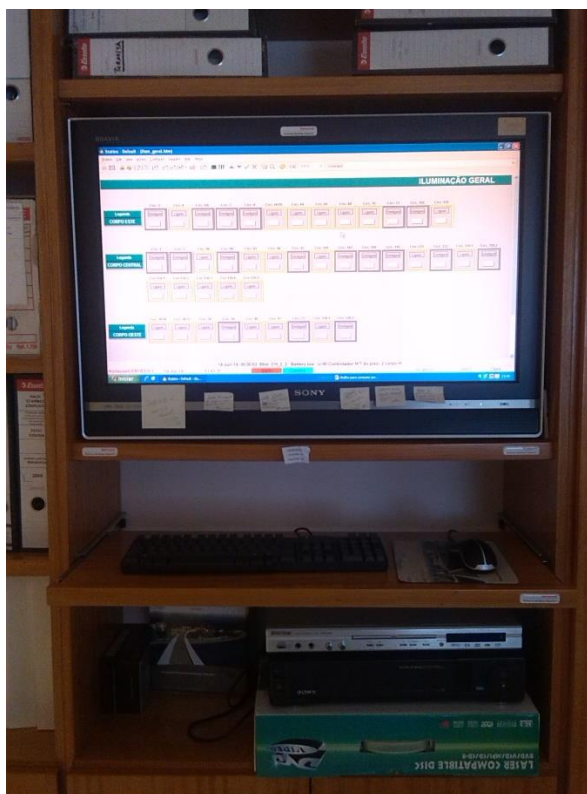


Figura 147 - GTC Gabinete SIE

É com o GTC que o SIE controla os sistemas de AVAC, Elevadores, Câmaras Frigoríficas, Consumos de água e Eletricidade. No caso da eletricidade é possível controlar a iluminação, é possível ver também o estado geral dos quadros elétricos e dos quadros gerais de baixa tensão e transformadores de isolamento, acionar o UPS (*Uninterruptable Power Supply* - Fonte de Alimentação Ininterrupta) em caso de emergência e ainda recolher dados dos analisadores de rede.

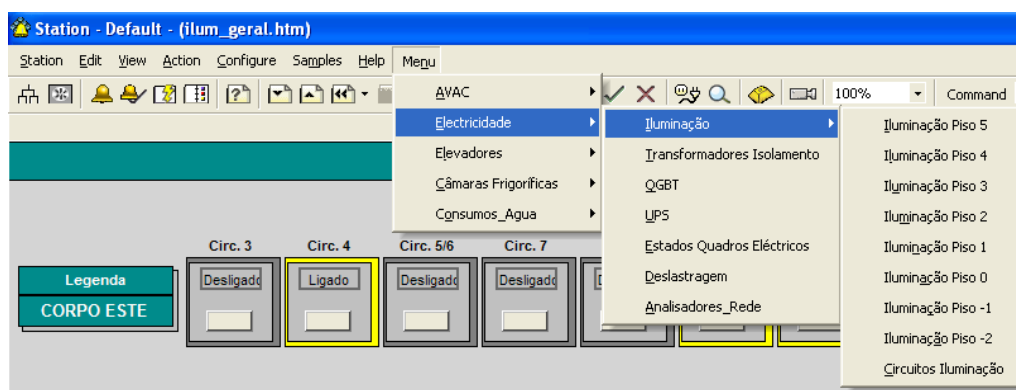


Figura 148 - Menu GTC

Dentro da Iluminação é possível ver o estado da iluminação para cada piso e ver os circuitos de iluminação geral e o seu estado. Podem ser vistos de duas formas, ou através de um quadro como na figura 149 ou nas plantas dos edifícios como na figura 150.

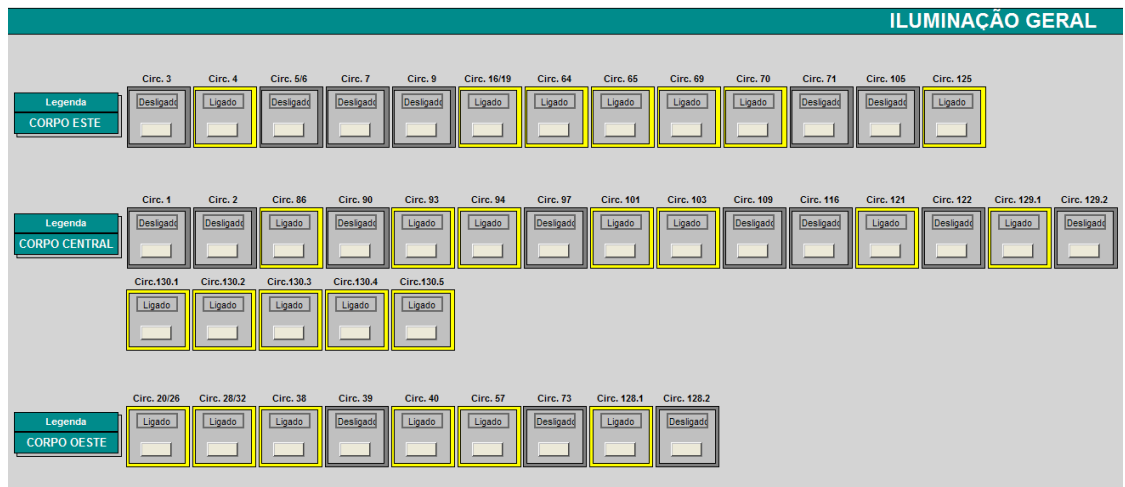


Figura 149 - Supervisão do Estado dos Circuitos de Iluminação

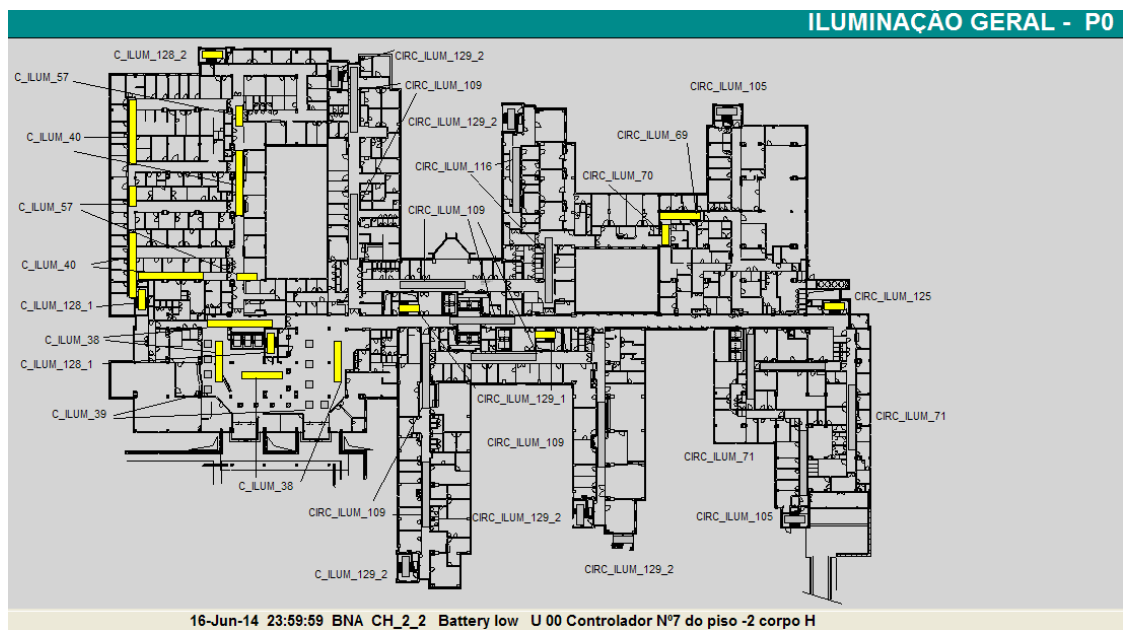


Figura 150 - Supervisão do Estado dos Circuitos de Iluminação num Piso do HPH

Para conhecer o que alimenta cada circuito temos também a sua descrição.



Tabela 90 - Legenda dos Circuitos de Iluminação - Corpo Este

Circuito	Legenda
3	Vigílias Enfermarias Piso 1 a 4
4	Corredores Enfermarias Piso 1 a 4
5/6	Corredores Gabinetes Médicos Piso 2
7	Corredor Norte Bloco
9	Corredor Sul Bloco
16/19	Corredor Obstetrícia + Neonatologia (N)
64	Corredor Piso -1 (N)
65	Corredor Refeitório (N)
69	Corredor Hospital de Dia e Anestesia (N)
70	Corredor Hospital de Dia (Emergência)
71	Corredor Anatomia Patológica e Central
105	Escadas Interiores
125	Escadas Interiores

Tabela 91 - Legenda dos Circuitos de Iluminação - Corpo Oeste

Circuito	Legenda
20 a 36	Corredor Piso -1 (N)
28 a 32	Corredor Piso -1 (E)
38	Hall Entrada
39	Corredor Entrada (Tecto Alto)
40	Corredor Entrada Consultas
57	Corredor Consultas Externas (Normal)
73	Corredor Imagiologia (Normal)
128.1	Escadas Interiores
128.2	Escadas Exteriores

Tabela 92 - Legenda dos Circuitos de Iluminação - Corpo H

Circuito	Legenda
1	Corredores Centrais Piso 1 a 4 Norte
2	Corredores Centrais Piso 1 a 4 Sul
86	Corredores Centrais Piso -2
90	Corredores Centrais Piso -1
93	Corredores Emergência
94	Hall Entrada Emergência
97	Iluminação Hall
101	Corredor Farmácia (Normal)
103	Corredor Farmácia (Emergência)
109	Corredor Piso 0 (Normal)
116	Corredor Cirurgia Ambulatória
121	Corredor Urgência Pediatria
122	Corredor Casa Mortuária
191.1	Escadas Interiores
191.2	Escadas Exteriores

Na GTC também é possível controlar os horários dos circuitos de iluminação, tal como se pode ver na figura 136, está selecionado um controlador, e podemos ver as opções de inserir, modificar ou eliminar comandos que liga ou desliga os circuitos de iluminação.

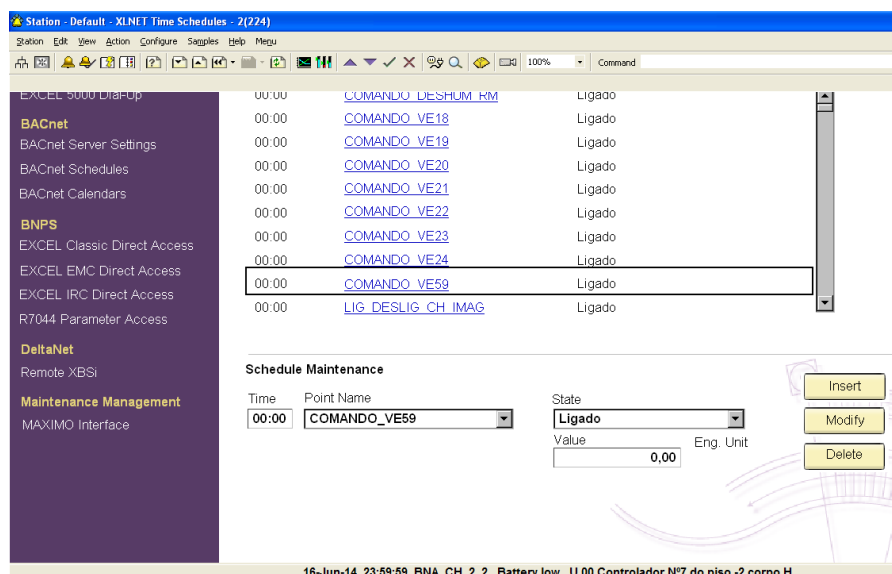


Figura 151 - Gestão de Horários na GTC